

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-174032

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
G 0 1 N 29/10	5 0 7	G 0 1 N 29/10 5 0 7
29/04	5 0 3	29/04 5 0 3
29/22	5 0 1	29/22 5 0 1
29/24	5 0 2	29/24 5 0 2
29/26		29/26

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-340050

(22) 出願日 平成9年(1997)12月10日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 神 保 雅 一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 唐 沢 博 一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 中 村 博

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝京浜事業所内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

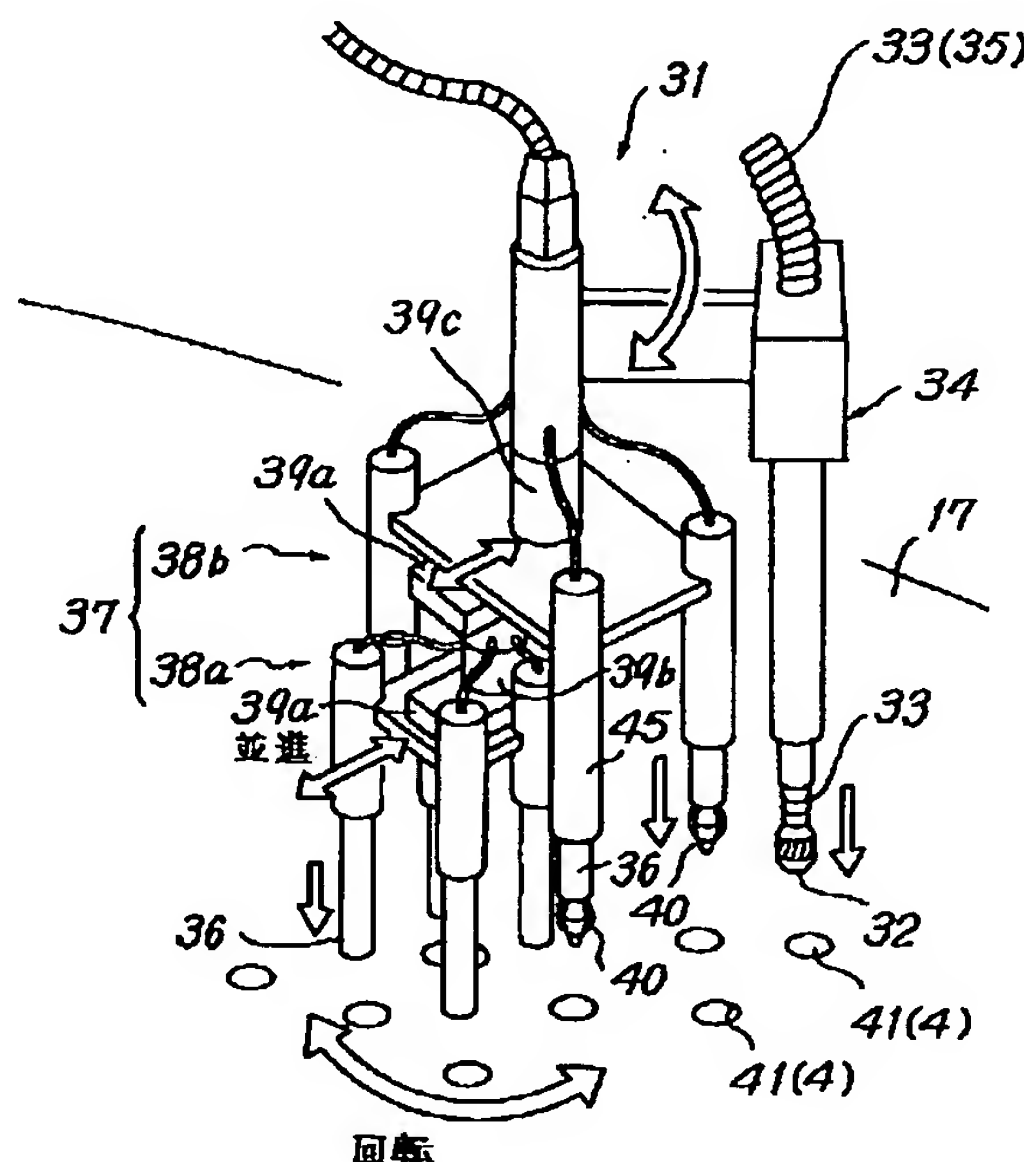
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中間熱交換器の検査装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】 中間熱交換器が中間熱交換器容器内に据え付けられた状態で中間熱交換器の伝熱管およびベローズの欠陥または減肉を精度良く検査することができる中間熱交換器の検査装置およびその方法を提供する。

【解決手段】 専用のキャスク等により伝熱管検査装置31が管板17の上面へ挿入される。そして、移動装置37により管板17の上面に位置する所定の伝熱管4の開口部41まで伝熱管用探触子32を移動させるとともに、送り機構34により伝熱管4の開口部41から伝熱管4内に伝熱管用探触子31を挿入し、伝熱管4の欠陥および減肉を検査する。一つの伝熱管4の検査が終了した後、その伝熱管4から伝熱管用探触子31を引き出し、移動装置37により次の伝熱管4の開口部41まで伝熱管用探触子31を移動させ、同様にして次の伝熱管4の欠陥および減肉を検査する。このような移動および挿入を順次繰り返すことにより、全ての伝熱管4の欠陥および減肉を検査することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】管板上面に開口部を有する伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査装置において、

前記伝熱管の欠陥または減肉を検査する伝熱管用探触子と、

前記伝熱管用探触子を支持するとともに前記伝熱管用探触子に接続された電線を収容する挿入管と、

前記挿入管に支持された前記伝熱管用探触子を前記管板上面の前記開口部から前記伝熱管内に送り込む送り機構と、

前記送り機構を支持するとともに前記挿入管に支持された前記伝熱管用探触子を前記管板上面の前記開口部まで移動させる移動装置とを備えたことを特徴とする中間熱交換器の検査装置。

【請求項2】前記中間熱交換器には前記管板上面に開口部を有する複数の伝熱管が設けられ、前記移動装置は前記各伝熱管の開口部の配列規則に基づいて現在位置および次に移動すべき位置を特定することを特徴とする請求項1記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項3】前記管板上面を監視するカメラをさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項4】前記中間熱交換器は前記管板上面の上方部分に挿入孔が設けられた中間熱交換器容器に格納され、前記中間熱交換器容器の前記挿入孔を介して検査対象となる前記中間熱交換器の前記伝熱管にアクセスすることを特徴とする請求項1記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項5】前記伝熱管用探触子は筒状の支持材の表面に接合された複数の圧電振動子と、前記各圧電振動子の表面に接合された金属薄膜とを有し、前記各圧電振動子には前記複数の圧電振動子の中から送受信の対象となる圧電振動子を選択する信号切替回路と、前記各圧電振動子との間で送受信される信号を増幅する信号増幅器とが接続されていることを特徴とする請求項1記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項6】本体胴内に設けられた伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査装置において、

前記本体胴と前記伝熱管との熱膨張差を吸収するベローズの欠陥または減肉を検査するベローズ用探触子と、

前記ベローズ用探触子を支持する伸縮自在の支持棒と、

前記支持棒に支持された前記ベローズ用探触子を前記ベローズの近傍まで移動させるとともに前記ベローズ用探触子を前記ベローズの周方向に移動させる台車とを備えたことを特徴とする中間熱交換器の検査装置。

【請求項7】前記台車に取り付けられ前記ベローズの内面に当接して前記台車に支持された前記ベローズ用探触子の位置決めを行う位置決め用腕部をさらに備えたことを特徴とする請求項6記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項8】前記ベローズの下端に設けられ前記ベローズのまわりに延びるガイドと、前記台車に取り付けられ前記ガイドを把持して前記台車に支持された前記ベローズ用探触子の位置決めを行うガイド用腕部とをさらに備えたことを特徴とする請求項6記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項9】前記台車に取り付けられ前記台車を押し引きするための所定方向にのみ湾曲する梯子状のチェーンをさらに備えたことを特徴とする請求項6記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項10】前記台車に取り付けられ前記台車の車輪を駆動するモータと、前記モータに電力を供給する電線とをさらに備えたことを特徴とする請求項6記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項11】前記台車に取り付けられ超音波の反射を利用してナトリウム中の状況を監視するカメラをさらに備えたことを特徴とする請求項6記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項12】前記ベローズの下端に設けられ超音波を反射する反射板と、前記台車に取り付けられ前記反射板による超音波の反射により位置を検出する位置センサとをさらに備えたことを特徴とする請求項6記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項13】本体胴内に設けられた伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査装置において、

前記本体胴と前記伝熱管との熱膨張差を吸収するベローズの欠陥または減肉を検査するベローズ用探触子と、

中間熱交換器容器の外側から前記ベローズの近傍まで延びる第1レールと、

前記第1レールの終端部に連結され前記ベローズのまわりに延びる第2レールと、

前記ベローズ用探触子を支持するとともに前記ベローズ用探触子を前記第1レールおよび前記第2レールに沿って移動させる走行装置とを備えたことを特徴とする中間熱交換器の検査装置。

【請求項14】前記第2レールは前記ベローズのまわりに螺旋状に延びることを特徴とする請求項13記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項15】前記走行装置に取り付けられ前記ベローズ用探触子を前記ベローズの軸方向に移動させる軸方向移動装置をさらに備えたことを特徴とする請求項13記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項16】前記ベローズ用探触子は平板状の支持材の表面に接合された複数の圧電振動子と、前記各圧電振動子の表面に接合された金属薄膜とを有し、前記各圧電振動子には前記複数の圧電振動子の中から送受信の対象となる圧電振動子を選択する信号切替回路と、前記各圧電振動子との間で送受信される信号を増幅する信号増幅器とが接続されていることを特徴とする請求項6または

13記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項17】前記中間熱交換器はナトリウムの純化を行う純化装置、燃料の破損状況を検出する放射性物質検出器、または中間熱交換器容器内の液面の位置を測定する液位計が設けられた中間熱交換器容器に格納され、前記中間熱交換器容器の前記純化装置、前記放射性物質検出器または前記液位計を取り外してできた挿入孔を介して検査対象となる前記中間熱交換器の前記ベローズにアクセスすることを特徴とする請求項6または13記載の中間熱交換器の検査装置。

【請求項18】管板上面に開口部を有する複数の伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査方法において、

伝熱管用探触子を有する検査装置を前記管板上面に配置する工程と、

前記管板上面における前記各伝熱管の開口部の配列規則を利用して前記検査装置を移動させる工程と、

前記伝熱管用探触子を前記各伝熱管内に挿入して前記各伝熱管の欠陥または減肉を検査する工程とを含むことを特徴とする中間熱交換器の検査方法。

【請求項19】ナトリウムの液面を前記管板上面よりも下方に降下させる工程をさらに含み、

前記管板上面をカメラにより監視しながら前記各伝熱管の欠陥または減肉を検査することを特徴とする請求項18記載の中間熱交換器の検査方法。

【請求項20】本体胴内に設けられた伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査方法において、

ベローズ用探触子を有する検査装置を前記本体胴と前記伝熱管との熱膨張差を吸収するベローズの近傍に配置する工程と、

前記ベローズの近傍にて前記検査装置の位置決めを行う工程と、

前記ベローズの周方向に前記検査装置を移動させながら前記ベローズ用探触子により前記ベローズの欠陥または減肉を検査する工程とを含むことを特徴とする中間熱交換器の検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はループ型高速炉等の高速増殖炉に使用される中間熱交換器（IHX：intermediate heat exchanger）に係り、とりわけ液体金属ナトリウムが満たされた高温および高放射線下の環境において中間熱交換器の伝熱管およびベローズのき裂等の欠陥または減肉を検査する中間熱交換器の検査装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ループ型高速炉は一般に、炉心を収容する原子炉容器と、中間熱交換器を収容する中間熱交換器容器と、冷却材である液体金属ナトリウムを循環させる

循環ポンプを収容するポンプ容器とを備え、これら各容器は逆U字配管により互いに連結されている。このようなループ型高速炉においては、ポンプ容器内の循環ポンプを介して送り込まれた低温のナトリウムによって原子炉容器内の炉心が冷却され、原子炉容器内の炉心を冷却して高温になったナトリウム（一次ナトリウム）は中間熱交換器容器内の中間熱交換器にて低温のナトリウム（二次ナトリウム）と熱交換した後、再びポンプ容器内の循環ポンプを介して原子炉容器内の炉心へ送り込まれるようになっている。

【0003】図14は中間熱交換器を収容する中間熱交換器容器を示す概略断面図である。図14に示すように、中間熱交換器容器1内には一次ナトリウム、二次ナトリウムおよびカバーガスとともに中間熱交換器2が収容され、また隔壁8を仕切り壁として高温プレナム6および低温プレナム7が形成されている。このうち、高温プレナム6は逆U字配管（ホットレグ配管）11を介して原子炉容器（図示せず）と連結され、低温プレナム7は図面に現れない断面にある逆U字配管（ミドルレグ配管）を介してポンプ容器と連結されている。

【0004】ここで中間熱交換器2は、本体胴5と、本体胴5内に設けられ高温プレナム6と低温プレナム7とを連通する複数の伝熱管4とを備えている。また、中間熱交換器2の上部には二次入口配管13および二次出口配管14が連結され、二次入口配管13から流入した二次ナトリウムが伝熱管4の外側を流れて伝熱管4内の一次ナトリウムと熱交換するとともに、温度が上昇した二次ナトリウムが二次出口配管14から流出するようになっている。さらに、中間熱交換器2の下部には本体胴5と伝熱管4との熱膨張差を吸収するベローズ10が設けられている。なお、ベローズ10は、一次ナトリウムおよび二次ナトリウムのバウンダリを形成し、一次ナトリウムおよび二次ナトリウムの接触を妨げる障壁としても機能している。

【0005】図14に示す中間熱交換器容器1を備えたループ型高速炉において、原子炉容器内の炉心を冷却して高温となった一次ナトリウムは、ホットレグ配管11を介して中間熱交換器容器1内の高温プレナム6に流入した後、中間熱交換器2へ導かれる。その後、中間熱交換器2内に流入した高温の一次ナトリウムは、複数の伝熱管4内を通過して低温プレナム7に移動する間に二次入口配管13から流入した低温の二次ナトリウムと熱交換して低温となる。なお、低温となった一次ナトリウムは、低温プレナム7からミドルレグ配管を介してポンプ容器に送り込まれた後、ポンプ容器から再び原子炉容器へと送り込まれる。これにより、原子炉容器内の炉心で発生した熱は中間熱交換器容器1内の中間熱交換器2により二次ナトリウムへと伝えられる。

【0006】ところで、このような中間熱交換器2においては、伝熱管4およびベローズ10が一次ナトリウム

10

20

30

40

50

および二次ナトリウムのバウンダリとなっているので、プラントの運転中にこれらの伝熱管4およびベローズ10が破損することは許されない。このため、伝熱管4およびベローズ10はプラントの寿命中に破損しないよう設計し、またプラントの運転中においても必要に応じて適宜伝熱管4およびベローズ10の破損の有無を検査する必要がある。

【0007】図14に示す中間熱交換器容器1においては従来、中間熱交換器容器1から中間熱交換器2を引き抜いた上で伝熱管4およびベローズ10の破損の有無を10 検査していた。具体的には例えば、中間熱交換器2に連結された二次入口配管13および二次出口配管14を切断し、中間熱交換器容器1の蓋をなすデッキ3から吊り下げられている中間熱交換器2を輸送用キャスク等を用いて引き抜き、次いで、中間熱交換器2を洗浄した後、別途用意された検査場所にて伝熱管4およびベローズ10の破損の有無を検査していた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の中間熱交換器容器1では、中間熱交換器2の伝熱管4 20 およびベローズ10の破損の有無を検査するため、中間熱交換器2に連結された二次入口配管13および二次出口配管14を切断し、また中間熱交換器容器1の蓋をなすデッキ3から吊り下げられている中間熱交換器2を輸送用キャスク等を用いて引き抜いていた。

【0009】ところで、このような従来の検査方法は、二次入口配管13および二次出口配管14の切断、および中間熱交換器2の引き抜きといった大がかりな工事が必要となるので、本来的に望ましいものではなく、中間熱交換器2を中間熱交換器容器1内に据え付けた状態で 30 の検査が強く望まれていた。

【0010】しかしながら、中間熱交換器容器1内に中間熱交換器2が据え付けられた状態では、液体金属ナトリウムが満たされた高温および高放射線下の環境における作業となり、次のような点からその実施が困難であった。

【0011】まず第1に、液体金属ナトリウムが満たされた高温および高放射線下の環境における作業となるので、検査対象である伝熱管4およびベローズ10に検査員等が直接近付くことができず、伝熱管4およびベローズ10まで遠隔操作により検査装置を移動させる必要がある。なお、この場合には、検査対象である伝熱管4およびベローズ10にどのようにアクセスするか、検査装置の現在位置および次に移動すべき位置をどのように特定するか、検査装置の周囲の状況をどのように把握するか等の問題を解決する必要がある。

【0012】第2に、伝熱管4およびベローズ10のき裂等の欠陥または減肉の検査には通常超音波探傷法が用いられているが、伝熱管4およびベローズ10の近傍にはプラントの停止中でも約200℃の温度を有する液体 50

金属ナトリウムが満たされ、かつ一次ナトリウム側からγ線が放射されているので、このような環境下では超音波探傷法で使用される従来の常温仕様の超音波探触子を使用することが不可能になるという問題がある。

【0013】第3に、超音波探触子の走査機構部の小型化および精度向上を図るためには複数の圧電振動子を電子的に走査させる方式の探触子が望ましいが、このような探触子では探触子からの信号を外部に伝送するためのケーブル（電線）が多数必要となるので、ケーブルの物 10 量がかさみ、検査装置の移動機構部への負担が大きくなるという問題がある。

【0014】第4に、検査精度を向上させるために探触子で発受信される超音波を高周波化すると、ケーブルによる信号伝送時等に大幅な信号減衰が生じてしまうという問題がある。

【0015】本発明はこのような点を考慮してなされたものであり、中間熱交換器の引き抜きや、中間熱交換器内のナトリウムのドレーン等を行うことなく、中間熱交換器が中間熱交換器容器内に据え付けられた状態で中間熱交換器の伝熱管およびベローズの欠陥または減肉を精度良く検査することができる中間熱交換器の検査装置およびその方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の特徴は、管板上面に開口部を有する伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査装置において、前記伝熱管の欠陥または減肉を検査する伝熱管用探触子と、前記伝熱管用探触子を支持するとともに前記伝熱管用探触子に接続された電線を収容する挿入管と、前記挿入管に支持された前記伝熱管用探触子を前記管板上面の前記開口部から前記伝熱管内に送り込む送り機構と、前記送り機構を支持するとともに前記挿入管に支持された前記伝熱管用探触子を前記管板上面の前記開口部まで移動させる移動装置とを備えたことを特徴とする中間熱交換器の検査装置である。

【0017】ここで、本発明の第1の特徴においては、前記中間熱交換器には管板上面に開口部を有する複数の伝熱管が設けられ、前記移動装置は前記各伝熱管の開口部の配列規則に基づいて現在位置および次に移動すべき位置を特定することが好ましい。また、前記管板上面を監視するカメラをさらに備えることが好ましい。さらに、前記中間熱交換器は管板上面の上方部分に挿入孔が設けられた中間熱交換器容器に格納され、前記中間熱交換器容器の前記挿入孔を介して前記中間熱交換器の前記伝熱管にアクセスすることが好ましい。さらにまた、前記伝熱管用探触子は筒状の支持材の表面に接合された複数の圧電振動子と、前記各圧電振動子の表面に接合された金属薄膜とを有し、前記各圧電振動子には前記複数の圧電振動子の中から送受信の対象となる圧電振動子を選択する信号切替回路と、前記各圧電振動子との間で送受 50

信される信号を増幅する信号増幅器とが接続されていることが好ましい。

【0018】次に、本発明の第2の特徴は、本体胴内に設けられた伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査装置において、前記本体胴と前記伝熱管との熱膨張差を吸収するベローズの欠陥または減肉を検査するベローズ用探触子と、前記ベローズ用探触子を支持する伸縮自在の支持棒と、前記支持棒に支持された前記ベローズ用探触子を前記ベローズの近傍まで移動させるとともに前記ベローズ用探触子を前記ベローズの周方向に移動させる台車とを備えたことを特徴とする中間熱交換器の検査装置である。

【0019】ここで、本発明の第2の特徴においては、前記台車に取り付けられ前記ベローズの内面に当接して前記台車に支持された前記ベローズ用探触子の位置決めを行う位置決め用腕部をさらに備えたり、前記ベローズの下端に設けられ前記ベローズのまわりに延びるガイドと、前記台車に取り付けられ前記ガイドを把持して前記台車に支持された前記ベローズ用探触子の位置決めを行うガイド用腕部とをさらに備えることが好ましい。また、前記台車に取り付けられ前記台車を押し引きするための所定方向にのみ湾曲する梯子状のチェーンをさらに備えたり、前記台車に取り付けられ前記台車の車輪を駆動するモータと、前記モータに電力を供給する電線とをさらに備えることが好ましい。さらに、前記台車に取り付けられ超音波の反射を利用してナトリウム中の状況を監視するカメラをさらに備えたり、前記ベローズの下端に設けられ超音波を反射する反射板と、前記台車に取り付けられ前記反射板による超音波の反射により位置を検出する位置センサとをさらに備えることが好ましい。

【0020】次に、本発明の第3の特徴は、本体胴内に設けられた伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査装置において、前記本体胴と前記伝熱管との熱膨張差を吸収するベローズの欠陥または減肉を検査するベローズ用探触子と、中間熱交換器容器の外側からベローズの近傍まで延びる第1レールと、前記第1レールの終端部に連結され前記ベローズのまわりに延びる第2レールと、前記ベローズ用探触子を支持するとともに前記ベローズ用探触子を前記第1レールおよび前記第2レールに沿って移動させる走行装置とを備えたことを特徴とする中間熱交換器の検査装置である。

【0021】ここで、本発明の第3の特徴においては、前記第2レールが前記ベローズのまわりに螺旋状に延びることが好ましい。また、前記走行装置に取り付けられ前記ベローズ用探触子を前記ベローズの軸方向に移動させる軸方向移動装置をさらに備えることが好ましい。

【0022】なお、本発明の第2および第3の特徴においては、前記ベローズ用探触子は平板状の支持材の表面に接合された複数の圧電振動子と、前記各圧電振動子の

表面に接合された金属薄膜とを有し、前記各圧電振動子には前記複数の圧電振動子の中から送受信の対象となる圧電振動子を選択する信号切替回路と、前記各圧電振動子との間で送受信される信号を増幅する信号増幅器とが接続されていることが好ましい。また、前記中間熱交換器はナトリウムの純化を行う純化装置、燃料の破損状況を検出する放射性物質検出器、または中間熱交換器容器内の液面の位置を測定する液位計が設けられた中間熱交換器容器に格納され、前記中間熱交換器容器の前記純化装置、前記放射性物質検出器または前記液位計を取り外してできた挿入孔を介して検査対象となる前記中間熱交換器の前記ベローズにアクセスすることが好ましい。

【0023】次に、本発明の第4の特徴は、管板上面に開口部を有する複数の伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査方法において、伝熱管用探触子を有する検査装置を前記管板上面に配置する工程と、前記管板上面における前記各伝熱管の開口部の配列規則を利用して前記検査装置を移動させる工程と、前記伝熱管用探触子を前記各伝熱管内に挿入して前記各伝熱管の欠陥または減肉を検査する工程とを含むことを特徴とする中間熱交換器の検査方法である。

【0024】ここで、本発明の第4の特徴においては、ナトリウムの液面を前記管板上面よりも下方に降下させる工程をさらに含み、前記管板上面をカメラにより監視しながら前記各伝熱管の欠陥または減肉を検査することが好ましい。

【0025】次に、本発明の第5の特徴は、本体胴内に設けられた伝熱管の内外に異なる温度のナトリウムを流して熱交換を行う中間熱交換器の検査方法において、ベローズ用探触子を有する検査装置を前記本体胴と前記伝熱管との熱膨張差を吸収するベローズの近傍に配置する工程と、前記ベローズの近傍にて前記検査装置の位置決めを行う工程と、前記ベローズの周方向に前記検査装置を移動させながら前記ベローズ用探触子により前記ベローズの欠陥または減肉を検査する工程とを含むことを特徴とする中間熱交換器の検査方法である。

【0026】本発明の第1の特徴によれば、移動装置により管板上面に位置する伝熱管の開口部まで伝熱管用探触子を移動させるとともに、送り機構により伝熱管の開口部から伝熱管内に伝熱管用探触子を挿入するので、中間熱交換器が中間熱交換器容器内に据え付けられた状態で中間熱交換器の伝熱管の欠陥または減肉を精度良く検査することができる。なお、伝熱管が複数ある場合には、一つの伝熱管の検査が終了した後、その伝熱管から伝熱管用探触子を引き出し、移動装置により次の伝熱管の開口部まで伝熱管用探触子を移動させ、同様にして次の伝熱管の欠陥または減肉を検査する。そして、このような移動および挿入を順次繰り返すことにより、全ての伝熱管の欠陥または減肉を検査することができる。

【0027】ここで、本発明の第1の特徴においては、移動装置が各伝熱管の開口部の配列規則に基づいて現在位置および次に移動すべき位置を特定することにより、検査装置の現在位置および次に移動すべき位置を正確かつ容易に把握することができる。また、ナトリウムの液面を管板上面よりも下方に降下させた状態でカメラにより管板上面の状況を把握することにより、検査装置の位置決めおよび移動を正確に行うことができる。さらに、中間熱交換器容器のうち中間熱交換器の管板上面の上方部分に挿入孔を設けることにより、検査対象となる中間熱交換器の伝熱管への検査装置のアクセスを容易に行うことができる。

【0028】また、本発明の第1の特徴においては、複数の圧電振動子を電子的に走査させる方式の伝熱管用探触子において、複数の圧電振動子の中から送受信の対象となる圧電振動子を信号切替器により選択し、信号を時系列的に送受信することにより、伝熱管用探触子からの信号を外部に伝送する電線の物量を抑えて検査装置の移動機構部への負担を小さくすることができる。また、各圧電振動子との間で送受信される信号を信号増幅器により増幅することにより、電線等での信号伝送時に生じる信号減衰を抑制してインピーダンス特性を改善することができる。さらに、各圧電振動子の表面に接合された金属薄膜の厚さを超音波の波長に比べて十分薄くすることにより、超音波の透過効率を改善して金属薄膜による信号減衰およびパルス幅等の音響特性の劣化を抑制することができる。

【0029】次に、本発明の第2の特徴によれば、台車によりベローズの近傍までベローズ用探触子を移動させた後、ベローズの周方向にベローズ用探触子を移動させるので、中間熱交換器が中間熱交換器容器内に据え付けられた状態で中間熱交換器のベローズの欠陥または減肉を精度良く検査することができる。

【0030】ここで、本発明の第2の特徴においては、台車に取り付けられた位置決め用腕部をベローズの内面に当接させることにより、ベローズ用探触子を支持する台車をベローズの近傍で正確に位置決めすることができる。また、ベローズの下端に設けられたガイドを台車に取り付けられたガイド用腕部により把持することにより、ベローズ用探触子を支持する台車をベローズの近傍で正確に位置決めすることができる。

【0031】また、本発明の第2の特徴においては、所定方向にのみ湾曲する梯子状のチェーンを台車に取り付けることにより、チェーンのたるみを防止しつつ、チェーンの送り出しによりチェーンの湾曲方向に沿って台車をベローズの近傍まで押し込むことができるとともに、チェーンの引き戻しによりチェーンの湾曲方向に沿って台車をベローズの近傍から引き戻すことができ、このため台車をベローズの近傍まで容易に移動させることができる。また、台車の車輪を駆動するモータに電線を介し

て電力を供給することにより、中間熱交換器容器の底部にて台車を自走させることができ、このため台車をベローズの近傍まで容易に移動させることができる。

【0032】さらに、本発明の第2の特徴においては、超音波の反射を利用してカメラによりナトリウム中の状況を監視することにより、台車の移動および位置決めを正確に行うことができる。また、ベローズの下端に設けられた反射板による超音波の反射を利用して位置センサにより台車の現在位置を把握することにより、検査装置の位置決めおよび移動を正確に行うことができる。

【0033】次に、本発明の第3の特徴によれば、走行装置に支持されたベローズ用探触子を中間熱交換器容器の外側からベローズの近傍まで延びる第1レールに沿って移動させた後、走行装置をベローズのまわりに延びる第2レールに移行させてベローズの周方向にベローズ用探触子を移動させるので、中間熱交換器が中間熱交換器容器内に据え付けられた状態で中間熱交換器のベローズの欠陥または減肉を精度良く検査することができる。

【0034】ここで、本発明の第3の特徴においては、第2レールがベローズのまわりに螺旋状に延びるようにすることにより、第2レールの開始端部と終端部とを軸方向には異なるが周方向については同一位置に配置することができる。このため走行装置に支持されたベローズ用探触子がアクセスできない部位をなくすことができる。また、走行装置に取り付けられた軸方向移動装置によりベローズ用探触子をベローズの軸方向に移動させることにより、第2レールをベローズのまわりに1周分設けるだけでベローズの外周全体について欠陥または減肉を検査することができる。

【0035】なお、本発明の第2および第3の特徴においては、複数の圧電振動子を電子的に走査させる方式のベローズ用探触子において、複数の圧電振動子の中から送受信の対象となる圧電振動子を信号切替器により選択し、信号を時系列的に送受信することにより、ベローズ用探触子からの信号を外部に伝送する電線の物量を抑えて検査装置の移動機構部への負担を小さくすることができる。また、各圧電振動子との間で送受信される信号を信号増幅器により増幅することにより、電線等での信号伝送時に生じる信号減衰を抑制してインピーダンス特性を改善することができる。さらに、各圧電振動子の表面に接合された金属薄膜の厚さを超音波の波長に比べて十分薄くすることにより、超音波の透過効率を改善して金属薄膜による信号減衰およびパルス幅等の音響特性の劣化を抑制することができる。

【0036】また、本発明の第2および第3の特徴においては、中間熱交換器容器に設けられた純化装置、放射性物質検出器または液位計を取り外してできた挿入孔を介して検査装置を挿入することにより、検査対象となる中間熱交換器のベローズへの検査装置のアクセスを容易に行うことができる。

【0037】次に、本発明の第4の特徴によれば、伝熱管用探触子を有する検査装置を管板上面に配置し、管板上面における各伝熱管の開口部の配列規則を利用して検査装置を移動させ、伝熱管用探触子を各伝熱管内に挿入して各伝熱管の欠陥または減肉を検査するので、中間熱交換器が中間熱交換器容器内に据え付けられた状態で中間熱交換器の伝熱管の欠陥または減肉を精度良く検査することができる。

【0038】ここで、本発明の第4の特徴においては、ナトリウムの液面を管板上面よりも下方に降下させた後、管板上面をカメラにより監視しながら各伝熱管の欠陥または減肉を検査することにより、検査装置の位置決めおよび移動を正確に行うことができる。

【0039】次に、本発明の第5の特徴によれば、ベローズ用探触子を有する検査装置を本体胴と伝熱管との膨張差を吸収するベローズの近傍に配置し、ベローズの近傍にて検査装置の位置決めを行った後、ベローズの周方向に検査装置を移動させながらベローズ用探触子によりベローズの欠陥または減肉を検査するので、中間熱交換器が中間熱交換器容器内に据え付けられた状態で中間熱交換器のベローズの欠陥または減肉を精度良く検査することができる。

【0040】

【発明の実施の形態】第1の実施の形態

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1乃至図6は本発明による中間熱交換器の検査装置およびその方法の第1の実施の形態を説明するための図である。本発明の第1の実施の形態は、中間熱交換器の伝熱管を検査するための伝熱管検査装置およびその方法についてのものである。

【0041】まず、図1により、伝熱管検査装置31の検査対象となる中間熱交換器2および中間熱交換器2を収容する中間熱交換器容器1について説明する。図1に示すように、中間熱交換器容器1内には、中間熱交換器容器1の蓋をなすデッキ3から吊り下げられた状態で中間熱交換器2が収容されている。ここで中間熱交換器2は、本体胴5と、本体胴5の上方に設けられた上部鏡15と、本体胴5内に設けられ低温プレナムと高温プレナムとを連通する複数の伝熱管4とを備えている。このうち各伝熱管4は、上部鏡15の下方に位置する管板17の上面に開口部41を有している。また、中間熱交換器2の管板17には上部鏡15を貫通する二次入口配管13および二次出口配管14が連結され、二次入口配管13から流入した二次ナトリウム（低温ナトリウム）が伝熱管4の外側を流れて伝熱管4内の一次ナトリウム（高温ナトリウム）と熱交換するとともに、温度が上昇した二次ナトリウムが二次出口配管14から流出するようになっている。さらに上部鏡15には、専用のキャスク等により伝熱管検査装置31を挿入するための挿入孔21が連結されている。なお伝熱管検査装置31は、管板1

7の上面を監視するカメラ22および照明装置23とともに挿入孔21から管板17の上面へ挿入される。

【0042】次に、図2乃至図4により、図1に示す伝熱管検査装置31について説明する。

【0043】図2に示すように、伝熱管検査装置31は、伝熱管4の欠陥および減肉を検査する伝熱管用探触子32と、伝熱管用探触子32を支持するとともに伝熱管用探触子32に接続されたケーブル（電線）35を収容する挿入管33と、挿入管33に支持された伝熱管用探触子32を管板17の上面の開口部41から伝熱管4内に送り込む送り機構34と、送り機構34を支持するとともに挿入管33に支持された伝熱管用探触子32を管板17の上面の開口部41まで移動させる移動装置37とを備えている。

【0044】ここで送り機構34は、図3に示すように、ベローズ等からなる挿入管33の外面にかみ合うギア42と、ギア42を回転させる送り機構駆動モータ43とを有し、挿入管33の外面にギア42をかみ合わせた状態で送り機構駆動モータ43によりギア42を正逆いずれかの方向に回転させることにより、挿入管33に支持された伝熱管用探触子32を管板17の上面の開口部41から伝熱管4内へ挿入したり、伝熱管4内から外部へ引き出したりすることができるようになっている。

【0045】また移動装置37は、図2に示すように、伸縮ロッド36およびシリンダ45からなる4本の脚部を有する2組の移動部38a、38bを有し、これら各移動部38a、38bは並進移動用の直動軸39a、39aおよび回転移動用の回転軸39bを介して互いに連結されている。また、一方の移動部38bには回転軸39cを介して送り機構34が連結されている。なお、移動部38a、38bの脚部をなす伸縮ロッド36の先端にはグリップ40が設けられており、このグリップ40を伝熱管4内に挿入して固定することにより移動部38a、38bの固定がなされるようになっている。

【0046】図4は図2に示す移動装置37の脚部の詳細を示す図である。図4に示すように、移動装置37の脚部は、伸縮ロッド36と、伸縮ロッド36を上下方向に移動させるシリンダ45とからなっている。ここで伸縮ロッド36は、伸縮ロッド36の上部に設けられ伸縮ロッド36内の圧力を増減させる圧力出入口44と、グリップ40を駆動するピストン46およびばね48からなるグリップ用アクチュエータ49とを有している。そして、伸縮ロッド36内の圧力を高くすると、ピストン46が押し出されてグリップ40が下降し、また伸縮ロッド36内の圧力を低くすると、ばね48の付勢力によりグリップ40が上昇し、これにより伝熱管4内に対してグリップ40の挿入および引き出しが行われるようになっている。なおピストン46には、ナトリウムの侵入によりピストン面の摺動が妨げられないようシール部材としてベローズ47が設けられている。

【0047】一方、シリンダ45の構成は、伸縮ロッド用アクチュエータ50を構成するピストン46の先端に伸縮ロッド36が連結される点を除いて、他は伸縮ロッド36の構成と略同一であるので、ここでは伸縮ロッド36と同一の機能を果たす部分に同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0048】図5および図6は図2に示す伝熱管用探触子32の詳細を示す図である。図5に示すように、伝熱管用探触子32は、伝熱管4のき裂等の欠陥を検査する探傷検査用探触子107と、伝熱管4の減肉を検査する減肉検査用探触子108とを有し、これら探傷検査用探触子107および減肉検査用探触子108は約200℃の温度を有するナトリウム101が満たされた伝熱管4内に挿入された状態で使用される。

【0049】また図5および図6に示すように、探傷検査用探触子107および減肉検査用探触子108は、音響吸収効率の良好な筒状の支持材（図示せず）の表面にろう材または半田等により密着接合された複数の微小サイズの短冊状の圧電振動子104と、各圧電振動子104の表面に密着接合された前面板（金属薄膜）103とを有している。また、各圧電振動子104には複数の圧電振動子104の中から送受信の対象となる圧電振動子を選択する信号切替回路105と、各圧電振動子104との間で送受信される信号を増幅する信号増幅器（送受信器）106とが接続されている。なお、信号切替器105および信号増幅器106は、ケーブルでの信号伝送時に生じる信号減衰を抑制して探傷検査および減肉検査を精度良く行うとともにケーブル等の本数を削減するため、探傷検査用探触子107および減肉検査用探触子108に隣接して配置されている。また、探傷検査用探触子107と減肉検査用探触子108との切替えは、信号切替器105と同一の原理で動作する探触子切替器109により行われるようになっている。

【0050】ここで、探傷検査用探触子107の各圧電振動子104は、伝熱管4の内面に対して所定の角度をなして円周状に配置されている。なお、各圧電振動子104と伝熱管4の内面とがなす角度は、斜角探傷の場合には通常45度または60度とすることが好ましく、また板波探傷の場合には実験的に最適値を求めることが好ましい。一方、減肉検査用探触子108の各圧電振動子104は、約1mm程度の薄肉の伝熱管4の減肉を検査するため、10MHz以上の高周波の超音波を伝熱管4の内面に向かって略垂直に発受信するよう配置されている。

【0051】また前面板103は、複数の圧電振動子104の表面に数十〜数百μmの厚さの金属薄膜が蒸着または鍍金等のコーティング処理方法で密着固定されることにより形成され、これにより超音波の発受信面の全面に対してナトリウムのシールがなされるようになっている。なお、各圧電振動子104の表面に密着接合された

前面板103の厚さは超音波の波長（周波数が約10MHzの場合に約0.6mm）の1/10程度の数十μm以下とすることが好ましい。

【0052】さらに信号切替器105は、複数（例えば数十〜数百）の圧電振動子104およびこの各圧電振動子104に接続されたケーブルの中から送受信の対象となる所定数（例えば1〜数十）の圧電振動子およびケーブルを順番に選択していくためのものであり、例えば特開平8-128996号公報（特願平6-269274号）に記載された真空マイクロ素子を用いた耐熱性および耐放射線性を有するスイッチング素子から形成することが好ましい。なお真空マイクロ素子とは、金属等の導電性の材料の先端を先鋭化させたときにトンネル効果により本来その材料が有するポテンシャル障壁の電位よりもはるかに低い電圧で電子が放出される現象を利用し、真空中において非常に先の尖った金属等の導電性の材料をエミッタ電極とし、このエミッタ電極に対向させてアノード電極を配置して両者の間に電圧をかけた状態とし、エミッタ電極の側面に配置したゲート電極の電圧を制御することにより3極管として動作させるものであり、使用材料が金属等の無機材料のみであるため、約200℃以上の耐熱性があり、またγ線等に対する耐放射線性にも優れている。

【0053】さらにまた信号増幅器106は、圧電振動子104との間で送受信される信号を増幅するためのものであり、上述した信号切替器105と同様に真空マイクロ素子を用いて耐熱性および耐放射線性を有する増幅器として構成することが好ましい。

【0054】なお、伝熱管用探触子32（探傷検査用探触子107および減肉検査用探触子108）およびその周辺回路（信号切替器105および信号増幅器106）については、無機材料または耐熱性および耐放射線性を有する有機材料等により構成することが好ましい。具体的には例えば、伝熱管用探触子32のケースは金属製とし、またケーブルである同軸ケーブルの絶縁材はPEEK（ポリエーテルエーテルケトン）等の耐熱性および耐放射線性を有する有機材料とし、圧電振動子104はキュリー点が300℃を越えるチタン酸鉛やチタン酸ジルコン酸鉛系の材料とすることが好ましく、これにより、約200℃以上の高温下で、かつ10⁵Gy（グレイ）のγ線環境下でも通常と同程度の性能を発揮することができる。

【0055】次に、このような構成からなる本発明の第1の実施の形態の作用について説明する。

【0056】図1に示すように、伝熱管検査装置31は、検査対象となる中間熱交換器2の伝熱管4にアクセスするため、中間熱交換器2の上部鏡15に連結された挿入孔21の上部開口から専用のキャスク等により管板17の上面へ挿入される。ここで、伝熱管検査装置31の挿入に先だって、上部鏡15内に満たされていた不透

明な液体である一次ナトリウムのナトリウム液面24は管板17の上面の位置まで引き下げられ、管板17の上面は目視可能な状態とされる。また、伝熱管検査装置31の挿入と同時に挿入孔21からカメラ22および照明装置23が挿入され、一次ナトリウムがなくなった管板17の上面および伝熱管検査装置31の状況を監視しながら伝熱管検査装置31により検査が行われる。

【0057】すなわち、図2に示すように、移動装置37により管板17の上面に位置する所定の伝熱管4の開口部41まで伝熱管用探触子32を移動させるとともに、送り機構34により伝熱管4の開口部41から伝熱管4内に伝熱管用探触子31を挿入し、伝熱管4の欠陥および減肉を検査する。このようにして一つの伝熱管4の検査が終了した後、その伝熱管4から伝熱管用探触子31を引き出し、移動装置37により次の伝熱管4の開口部41まで伝熱管用探触子31を移動させ、同様にして次の伝熱管4の欠陥および減肉を検査する。そして、このような移動および挿入を順次繰り返すことにより、全ての伝熱管4の欠陥および減肉を検査することができる。

【0058】ここで、移動装置37による伝熱管用探触子32の移動は、移動装置37を構成する移動部38a、38bの一方を固定した状態で他方を直動軸39aにより移動させる並進運動と、移動部38a、38bの一方を固定した状態で他方を回転軸39bにより回転させる回転運動とを組み合わせ、移動部38a、38bを交互に駆動することにより一種の歩行運動を実現する。このとき、移動部38a、38bのそれぞれは、次に移動すべき位置にある4つの伝熱管4の開口部41に4本の脚部を移動するとともに、脚部をなす伸縮ロッド36の先端に設けられたグリッパ40を伝熱管4内に挿入して固定する(図14参照)。なお、管板17の上面の所定位置まで移動部38a、38bを移動させた後、回転軸39cにより送り機構34を回転させて所定の伝熱管4の開口部41まで伝熱管用探触子32を移動させる。

【0059】また、送り機構34による伝熱管4内への伝熱管用探触子32の挿入および引き出しは、図3に示すように、伝熱管用探触子32を支持する挿入管33の外面にギア42をかみ合わせた状態で送り機構駆動モータ43によりギア42を正逆いずれかの方向に回転させることにより実現する。

【0060】なお、このようにして伝熱管4内へ伝熱管用探触子32が配置された状態で、伝熱管用探触子32を構成する探傷検査用探触子107および減肉検査用探触子108により伝熱管4の欠陥および減肉が検査される。具体的には、伝熱管4の欠陥を検査するため、図5に示すように、探傷検査用探触子107の圧電振動子104から超音波102が発信され、このようにして発信された超音波102は前面板103およびナトリウム101を透過して伝熱管4内に入射される。そして、超音

波102は、ベローズ10内で反射を繰り返しながら伝搬していき、伝熱管4内に欠陥110がある場合には、この欠陥110で反射された後に同じ経路を戻って同じ圧電振動子104で再度受信され、これにより伝熱管4内の欠陥の有無を確認(探傷)することができる。なおこのとき、1つまたは複数の圧電振動子104が選択された状態で信号増幅器106を介して超音波の発受信が行われ、発受信が終了した時点で信号切替器105が選択する圧電振動子104を隣りにずらして超音波102を円周方向に回転走査することにより伝熱管4の内面全周にわたる欠陥の検査が行われる。

【0061】ここで、信号切替器105による1回の切替時間としては、検査範囲(最大でも往復距離250mm以下)と超音波102の音速(約2500m/秒)とから0.1m秒程度あれば十分であり、例えば圧電振動子104の数が100個である場合には1周分の検査を10m秒程度で行うことができる。このため、探傷検査用探触子107を5mmピッチで伝熱管4の軸方向に連続的に移動させて検査を行う場合には全体でても0.5m/秒という高速で検査を行うことができる。

【0062】一方、約1mm程度の薄肉の伝熱管4の減肉を検査する場合には、減肉検査用探触子108の圧電振動子104から10MHz以上の高周波の超音波が伝熱管4の内面に向かって略垂直に発信され、このようにして発信された超音波102は前面板103およびナトリウム101を透過して伝熱管4内に入射される。そして超音波は、伝熱管4の内面および外面で反射して同じ圧電振動子104で再度受信され、これにより伝熱管4の肉厚を計測することができる。なおこのとき、1つまたは複数の圧電振動子104が選択された状態で信号増幅器106を介して超音波の発受信が行われ、発受信が終了した時点で信号切替器105が選択する圧電振動子104を隣りにずらして超音波102を円周方向に回転走査することにより伝熱管4の内面全周にわたる減肉の検査が行われる。

【0063】このように本発明の第1の実施の形態によれば、移動装置37により管板17の上面に位置する伝熱管4の開口部41まで伝熱管用探触子32を移動させるとともに、送り機構34により伝熱管4の開口部41から伝熱管4内に伝熱管用探触子32を挿入するので、中間熱交換器2が中間熱交換器容器1内に据え付けられた状態で中間熱交換器2の伝熱管4の欠陥および減肉を精度良く検査することができる。また、一つの伝熱管4の検査が終了した後、その伝熱管4から伝熱管用探触子32を引き出し、移動装置37により次の伝熱管4の開口部41まで伝熱管用探触子32を移動させ、同様にして次の伝熱管3の欠陥および減肉を検査することができるので、このような移動および挿入を順次繰り返すことにより、全ての伝熱管4の欠陥および減肉を検査することができる。

【0064】また本発明の第1の実施の形態によれば、移動装置37が各伝熱管4の開口部41の配列規則（例えば三角形配列等のパターン）に基づいて現在位置および次に移動すべき位置を特定することにより、伝熱管検査装置31の現在位置および次に移動すべき位置を正確かつ容易に把握することができる。また、ナトリウム液面24を管板17の上面よりも下方に降下させた状態でカメラ22により管板17の上面および伝熱管検査装置31の状況を把握することにより、伝熱管検査装置31の位置決めおよび移動を正確に行うことができる。さらに、中間熱交換器容器1のうち中間熱交換器2の管板17の上面の上方部分に挿入孔21を設けることにより、検査対象となる中間熱交換器2の伝熱管4への伝熱管検査装置31のアクセスを容易に行うことができる。

【0065】さらに本発明の第1の実施の形態によれば、複数の圧電振動子104の中から送受信の対象となる圧電振動子104を信号切替器105により選択し、信号を時系列的に送受信することにより、伝熱管用探触子32からの信号を外部に伝送するケーブルの物量を抑えて伝熱管検査装置31の移動機構部への負担を小さくすることができる。また、10MHz以上の高周波の信号を同軸ケーブル等で伝送する場合には、特に圧電振動子104が微小サイズになると圧電振動子104の静電容量がケーブルの静電容量と同程度となるため、本来のケーブルの信号減衰以上に信号の減衰が大きくなるが、各圧電振動子104との間で送受信される信号を信号増幅器106により増幅することにより、ケーブル等での信号伝送時に生じる信号減衰を抑制してインピーダンス特性を改善することができる。さらに、各圧電振動子104の表面に接合された前面板103の厚さを超音波の波長（周波数が約10MHzで約0.6mm）の1/10程度の数十μm以下とすることにより、超音波の透過効率を改善して前面板103による信号減衰およびパルス幅等の音響特性の劣化を抑制することができる。

【0066】第2の実施の形態

次に、図7乃至図10により、本発明による中間熱交換器の検査装置およびその方法の第2の実施の形態について説明する。本発明の第2の実施の形態は、中間熱交換器のベローズを検査するためのベローズ検査装置およびその方法についてのものである。

【0067】まず、図7および図10により、ベローズ検査装置60の検査対象となる中間熱交換器2および中間熱交換器2を収容する中間熱交換器容器1について説明する。図7および図10に示すように、中間熱交換器容器1内には隔壁8で仕切られた高温プレナム6および低温プレナム7を連通する複数の伝熱管4を有する中間熱交換器2が収容され、中間熱交換器2の低温プレナム7側には中間熱交換器2の本体胴5と伝熱管4との熱膨張差を吸収するベローズ10が設けられている。

【0068】また図7および図10に示すように、中間

熱交換器容器1にはナトリウムの純化を行う純化装置12（図14参照）が設けられており、ベローズ検査装置60は、中間熱交換器容器1の純化装置12を取り外してできた挿入孔から検査装置挿入ガイド65を介して中間熱交換器容器1の底部へ挿入される。ここで、隔壁8により仕切られた低温プレナム7へアクセスするために専用の挿入孔を設けることも可能であるが、純化装置12のために既にスタンドパイプ9が低温プレナム7側から高温プレナム6側に立ち上げられており、また純化装置12は一般に再生利用等のために比較的容易に引き抜くことができるよう設計されているので、別途専用の挿入孔を設けるよりも経済的である。

【0069】次に、図7乃至図10により、ベローズ検査装置60について説明する。

【0070】図7に示すように、ベローズ検査装置60は、ベローズ10の欠陥および減肉を検査するベローズ用探触子68と、ベローズ用探触子68を支持する伸縮自在の探触子用支持棒62と、探触子用支持棒62に支持されたベローズ用探触子68をベローズ10の近傍まで移動させるとともにベローズ用探触子68をベローズ10の周方向に移動させる台車61とを備えている。

【0071】ここで台車61には、ベローズ10の内面に当接して台車61に支持されたベローズ用探触子68の位置決めを行う位置決め用腕部63と、台車61を押し引きするための下方にのみ折れ曲がる梯子状のチェーン69と、超音波の反射を利用してナトリウム中の状況を監視するカメラ64とが取り付けられている。

【0072】このうち位置決め用腕部63は、台車61の上面に立設された上下方向に伸縮自在の位置決め用支持棒63aと、位置決め用支持棒63aの上端に取り付けられるとともに位置決め用支持棒63aと垂直でかつ互いに反対方向へ均等に伸縮する一対の伸縮自在の当接棒63b、63bとを有している。

【0073】またチェーン69は、中間熱交換器容器1の底部にて台車61を移動させるためのものであり、チェーン69を構成する各チェーン板66は図8に示すような構造で連結されている。すなわち、図8に示すように、隣接した一対のチェーン板66、66はピン67を介して互いに回転自在に連結され、この連結箇所において一方のチェーン板66に切欠部66aが設けられ、他方のチェーン板66に切欠部66aと嵌合する突起部66bが設けられている。そして、これら一対のチェーン板66、66は突起部66bが切欠部66a内で移動可能な範囲でのみ回転が許される。このため、例えば図8に示すような構造のチェーン69においては、下方にのみ折れ曲がることとなる。

【0074】図9は図7に示すベローズ検査装置60のベローズ用探触子68の詳細を示す図である。図9に示すように、ベローズ用探触子68はベローズ10のき裂等の欠陥および減肉を検査するためのものであり、この

ベローズ用探触子68は約200℃の温度を有するナトリウムが満たされたベローズ10の近傍にて使用される。なお、図9に示すベローズ用探触子68の構成は、検査対象がベローズ10である点を除いて、他は図5および図6に示す伝熱管用探触子32と略同一であるので、ここでは伝熱管用探触子32と異なる部分を中心に説明する。

【0075】図9に示すように、ベローズ用探触子68は、音響吸収効率の良好な平板状の支持材68aの表面にろう材または半田等により密着接合された複数の微小サイズの短冊状の圧電振動子134と、各圧電振動子134の表面に密着接合された前面板（金属薄膜）133とを有している。また、各圧電振動子134には複数の圧電振動子134の中から送受信の対象となる圧電振動子を選択する信号切替回路135と、各圧電振動子134との間で送受信される信号を増幅する信号増幅器（送受信器）136とが接続されている。なお、信号切替器135および信号増幅器136は、ケーブルでの信号伝送時に生じる信号減衰を抑制して探傷検査および減肉検査を精度良く行うとともにケーブル等の本数を削減するため、ベローズ用探触子68の内部に配置されている。

【0076】ここで信号切替器135は、複数の（例えば256個）の圧電振動子134およびこの各圧電振動子134に接続されたケーブルの中から送受信の対象となる所定数（例えば連続して並ぶ32個）の圧電振動子134およびケーブルを選択するためのものであり、これにより機械的な走査を行うことなく検査位置に応じて超音波の発受信位置を高速で変更することができる。

【0077】また信号増幅器136は、圧電振動子134との間で送受信される信号を増幅するとともに、外部からの駆動信号に基づいて各圧電振動子134からの超音波の発信タイミングを制御することにより各圧電振動子134から発信される超音波132の平面部10aに対する入射角を調整するためのものであり、これにより各圧電振動子134から発信される超音波132を集束させたり、超音波132の発信方向を変更することができる。これにより、ベローズ10の検査部位に応じてベローズ10の平面部10aに対する超音波132の入射角を最適値に設定することができる。また、このような方法により、超音波132をベローズ10の平面部10aに対して垂直に入射させることもでき、これによりベローズ10の平面部10aの減肉を検査することができる。

【0078】次に、このような構成からなる本発明の第2の実施の形態の作用について説明する。

【0079】図7および図10に示すように、中間熱交換器容器1から純化装置12（図14参照）が引き抜かれた後、ベローズ検査装置60用のキャスク90が設置される。その後、キャスク90により中間熱交換器容器1内のナトリウムが空気雰囲気と接触しないよう保たれ

ながらスタンドパイプ9を介して検査装置挿入ガイド65が挿入され、次いで、この検査装置挿入ガイド65に沿ってベローズ検査装置60が中間熱交換器容器1の底部へ挿入される。なお、中間熱交換器容器1の底部には一次ナトリウムが満たされているので、カメラ64によりナトリウム中の状況を監視しながらベローズ検査装置60により検査が行われる。

【0080】このとき、ベローズ検査装置60の台車61は、下方にのみ折れ曲がる梯子状のチェーン69の送り出しにより検査装置挿入ガイド65に沿って押し出され、ベローズ10の下方へ移動する。そして、台車61がベローズ10の下方へ到達した後、位置決め用腕部63の当接棒63b、63bを縮めた状態でベローズ10の内筒（内面）16の内側に向けて位置決め用支持棒63aを上昇させ、ベローズ10の内筒16内の所定位置で当接棒63b、63bを均等に伸ばす。このようにして当接棒63b、63bを均等に伸ばしていく過程で、位置決め用支持棒63aがベローズ10の内筒16の中心位置に移動し、これにより位置決め用支持棒63aが立設された台車61をベローズ10の下方にて正確に位置決めすることができる。

【0081】その後、このようにして位置決めされた台車61からベローズ用探触子68が先端に取り付けられた探触子用支持棒62を上昇させ、ベローズ10の外面に存在する複数の段部のうちの所定段部（例えば最下段の段部）まで探触子用支持棒62を移動させる。

【0082】そして、このようにして探触子用支持棒62をベローズ10の所定段部に移動させた後、台車61の位置決め用支持棒63aを中心として台車61をベローズ10の周方向に移動させることにより、探触子用支持棒62に支持されたベローズ用探触子68をベローズ10の周方向に回転させ、ベローズ10の外周面にわたってベローズ10の所定段部の欠陥および減肉を検査する。このようにしてベローズ10の一つの段部の検査が終了した後、探触子用支持棒62をベローズ10の軸方向に伸縮させ、同様にしてベローズ10の次の段部の欠陥および減肉を検査する。そして、このような伸縮および回転を順次繰り返すことにより、ベローズ10の全ての段部の欠陥および減肉を検査することができる。

【0083】なお、ベローズ10の所定段部の欠陥を検査するときには、図9に示すように、ベローズ用探触子68から超音波132が発信され、このようにして発信された超音波132は前面板133およびナトリウムを透過してベローズ10平面部10aに対して斜め方向から入射される。そして超音波132は、ベローズ10内で反射を繰り返しながら伝搬していき、ベローズ10内に欠陥140がある場合には、この欠陥140で反射された後に同じ経路を戻って同じ圧電振動子134で再度受信され、これによりベローズ10内（平面部10aおよび曲面部10b内）の欠陥の有無を確認（探傷）する

21

ことができる。なおこのとき、複数（例えば256個）の圧電振動子134およびこの各圧電振動子134に接続されたケーブルの中から送受信の対象となる所定数（例えば連続して並ぶ32個）の圧電振動子134およびケーブルが信号切替器135により選択されるとともに、外部からの駆動信号に基づいて信号増幅器136により各圧電振動子134からの超音波の発信タイミングが制御され、これによりベローズ10の平面部10aに対して検査位置に対応した所定の発受信位置から所定の入射角で超音波132が入射される。

【0084】一方、ベローズ10の所定段部の減肉を検査するときには、同様の方法により、ベローズ10の平面部10aに対して検査位置に対応した所定の発受信位置から略垂直に超音波132が発信され、このようにして発信された超音波132は前面板133およびナトリウムを透過してベローズ10の平面部10a内に入射される。そして超音波132は、ベローズ10の平面部10aの内面および外面で反射して同じ圧電振動子134で再度受信され、これによりベローズ10の平面部10aの肉厚を計測することができる。

【0085】このように本発明の第2の実施の形態によれば、台車61によりベローズ10の下方までベローズ用探触子68を移動させた後、ベローズ10の周方向にベローズ用探触子68を移動させるので、中間熱交換器2が中間熱交換器容器1内に据え付けられた状態で中間熱交換器2のベローズ10の欠陥および減肉を精度良く検査することができる。

【0086】また本発明の第2の実施の形態によれば、台車61に取り付けられた位置決め用腕部63をベローズ10の内筒16に当接させることにより、ベローズ用探触子68を支持する台車61をベローズ10の下方にて正確に位置決めすることができる。また、下方にのみ折れ曲がる梯子状のチェーン69を台車61に取り付けることにより、チェーン69のたるみを防止しつつ、チェーン69の送り出しによりチェーン69の折れ曲がる方向に沿って台車61をベローズ10の下方まで押し込むことができるとともに、チェーン69の引き戻しによりチェーン69の折れ曲がる方向に沿って台車61をベローズ10の下方から引き戻すことができ、このため台車61をベローズ10の下方まで容易に移動させることができる。なお、梯子状のチェーン69の上下方向への折れ曲がりだけでなく水平方向への移動も規制することにより、目的とするベローズ10の下方まで台車61を直線的に移動させることができる。さらに、超音波の反射を利用してカメラ64によりナトリウム中の状況を監視することにより、台車61の移動および位置決めを正確に行うことができる。

【0087】さらに本発明の第2の実施の形態によれば、複数の圧電振動子134の中から送受信の対象となる圧電振動子134を信号切替器135により選択し、

22

信号を時系列的に送受信することにより、ベローズ用探触子68からの信号を外部に伝送するケーブルの物量を抑えてベローズ検査装置60の移動機構部への負担を小さくすることができる。また、高周波の信号を同軸ケーブル等で伝送する場合には、特に圧電振動子134が微小サイズになると圧電振動子134の静電容量がケーブルの静電容量と同程度となるため、本来のケーブルの信号減衰以上に信号の減衰が大きくなるが、各圧電振動子134との間で送受信される信号を信号増幅器136により増幅することにより、ケーブル等での信号伝送時に生じる信号減衰を抑制してインピーダンス特性を改善することができる。さらに、各圧電振動子134の表面に接合された前面板133の厚さを超音波の波長に比べて十分薄くすることにより、超音波の透過効率を改善して前面板133による信号減衰およびパルス幅等の音響特性の劣化を抑制することができる。

【0088】さらにまた本発明の第2の実施の形態によれば、中間熱交換器容器1に設けられた純化装置12を取り外してできた挿入孔を介してベローズ検査装置60を挿入することにより、検査対象となる中間熱交換器2のベローズ10へのベローズ検査装置60のアクセスを容易に行うことができる。

【0089】なお上述した第2の実施の形態においては、中間熱交換器容器1の純化装置12を取り外してできた挿入孔からベローズ検査装置60を中間熱交換器容器1の底部へ挿入しているが、中間熱交換器容器1に燃料の破損状況を検出する放射性物質検出器、または中間熱交換器容器1内のナトリウムの液面の位置を測定する液位計が設けられている場合には、これら放射性物質検出器または液位計を取り外してできた挿入孔からベローズ検査装置60を挿入するようにしてもよい。

【0090】第3の実施の形態
次に、図11により、本発明による中間熱交換器の検査装置およびその方法の第3の実施の形態について説明する。本発明の第3の実施の形態は、ベローズ検査装置の位置決め機構および搬送機構が異なる点を除いて、他は図7乃至図10に示す第2の実施の形態と略同一である。本発明の第3の実施の形態において、図7乃至図10に示す第2の実施の形態と同一部分には同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0091】図11に示すように、ベローズ検査装置60は、ベローズ10の欠陥および減肉を検査するベローズ用探触子68と、ベローズ用探触子68を支持する伸縮自在の探触子用支持棒62と、探触子用支持棒62に支持されたベローズ用探触子68をベローズ10の近傍まで移動させるとともにベローズ用探触子68をベローズ10の周方向に移動させる台車61とを備えている。

【0092】ここでベローズ10の下端には、ベローズ10のまわりに延びるガイド70と、超音波を反射する反射板73とが取り付けられている。また台車61に

は、ガイド70を把持して台車61に支持されたベローズ用探触子68の位置決めを行う伸縮自在のガイド用腕部71と、反射板73による超音波の反射により位置を検出する位置センサ72と、超音波の反射を利用してナトリウム中の状況を監視するカメラ64とが取り付けられている。

【0093】また台車61には、台車61の車輪61aを駆動するモータ（図示せず）が取り付けられ、このモータにはケーブル（電線）61bを介して電力が供給されるようになっている。

【0094】次に、このような構成からなる本発明の第3の実施の形態の作用について説明する。

【0095】図10および図11に示すように、中間熱交換器容器1から純化装置12（図14参照）が引き抜かれた後、ベローズ検査装置60用のキャスク90が設置される。その後、キャスク90により中間熱交換器容器1内のナトリウムが空気雰囲気と接触しないよう保たれながらスタンドパイプ9を介してベローズ検査装置60が中間熱交換器容器1の底部へ挿入される。なお、中間熱交換器容器1の底部には一次ナトリウムが満たされているので、カメラ64によりナトリウム中の状況を監視しながらベローズ検査装置60により検査が行われる。

【0096】このとき、ベローズ検査装置60の台車61は、ケーブル61bを介して供給された電力によりモータを回転させて車輪61aを駆動することにより中間熱交換器容器1の底部を自走し、ベローズ10の下方へ移動する。そして、台車61がベローズ10の下方へ到達した後、反射板73による反射を利用して位置センサ72により台車61の把握し、ベローズ10の内筒16の略下方に位置決めする。その後、ガイド用腕部71を上昇させ、ガイド用腕部71とガイド70とを嵌合させることにより台車61を正確に位置決めする。

【0097】その後、このようにして位置決めされた台車61からベローズ用探触子68が先端に取り付けられた探触子用支持棒62を上昇させ、ベローズ10の外面に存在する複数の段部のうちの所定段部（例えば最下段の段部）まで探触子用支持棒62を移動させる。

【0098】そして、このようにして探触子用支持棒62をベローズ10の所定段部に移動させた後、ガイド用腕部71によりガイド70が把持された状態でガイド70に沿って台車61をベローズ10の周方向に自走させることにより、探触子用支持棒62に支持されたベローズ用探触子68をベローズ10の周方向に回転させ、ベローズ10の外周全周にわたってベローズ10の所定段部の欠陥および減肉を検査する。このようにしてベローズ10の一つの段部の検査が終了した後、探触子用支持棒62をベローズ10の軸方向に伸縮させ、同様にしてベローズ10の次の段部の欠陥および減肉を検査する。そして、このような伸縮および回転を順次繰り返すこと

により、ベローズ10の全ての段部の欠陥および減肉を検査することができる。なお、ベローズ10の所定段部の欠陥および減肉を検査する方法としては上述した第2の実施の形態と同様の方法を用いることができる。

【0099】このように本発明の第3の実施の形態によれば、上述した第2の実施の形態と同様に、台車61によりベローズ10の近傍までベローズ用探触子68を移動させた後、ベローズ10の周方向にベローズ用探触子68を移動させるので、中間熱交換器2が中間熱交換器容器1内に据え付けられた状態で中間熱交換器2のベローズ10の欠陥および減肉を精度良く検査することができる。

【0100】また本発明の第3の実施の形態によれば、ベローズ10の下端に設けられたガイド70を台車61に取り付けられたガイド用腕部71により把持することにより、ベローズ用探触子68を支持する台車61をベローズ10の下方にて正確に位置決めすることができる。また、台車61の車輪61aを駆動するモータにケーブル61bを介して電力を供給することにより、中間熱交換器容器1の底部にて台車61を自走させることができ、このため台車61をベローズの近傍まで容易に移動させることができる。さらに、ベローズ10の下端に設けられた反射板73による超音波の反射を利用して位置センサ71により台車61の現在位置を把握したり、超音波の反射を利用してカメラ64によりナトリウム中の状況を監視したりすることにより、台車61の移動および位置決めを正確に行うことができる。

【0101】さらに本発明の第3の実施の形態によれば、上述した第2の実施の形態と同様に、ベローズ用探触子68からの信号を外部に伝送するケーブルの物量を抑えてベローズ検査装置60の移動機構部への負担を小さくすることができ、またケーブル等での信号伝送時に生じる信号減衰を抑制してインピーダンス特性を改善することができ、さらに超音波の透過効率を改善して前面板133による信号減衰およびパルス幅等の音響特性の劣化を抑制することができる。

【0102】さらにまた本発明の第3の実施の形態によれば、上述した第2の実施の形態と同様に、検査対象となる中間熱交換器2のベローズ10へのベローズ検査装置60のアクセスを容易に行うことができる。

【0103】第4の実施の形態

次に、図12および図13(a)(b)により、本発明による中間熱交換器の検査装置およびその方法の第4の実施の形態について説明する。本発明の第4の実施の形態は、ベローズ検査装置の位置決め機構および搬送機構が異なる点を除いて、他は図7乃至図10に示す第2の実施の形態と略同一である。本発明の第4の実施の形態において、図7乃至図10に示す第2の実施の形態と同一部分には同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0104】図12に示すように、ベローズ検査装置6

0は、ベローズ10の欠陥または減肉を検査するベローズ用探触子68と、中間熱交換器容器1の外側からベローズ10の近傍まで延びる第1レール81aと、第1レール81aの終端部に連結されベローズ10のまわりに延びる第2レール81bと、ベローズ用探触子68を支持するとともにベローズ用探触子68を第1レール81aおよび第2レール81bに沿って移動させる走行装置80とを備えている。

【0105】ここで第1レール81aおよび第2レール81bは隔壁8により支持され、第2レール81bはベローズ10のまわりに螺旋状に延びている。また走行装置80には、ベローズ用探触子68をベローズ10の軸方向に移動させる軸方向移動装置(図示せず)が設けられている。

【0106】図13(a)(b)は図12に示す第1レール81aおよび第2レール81bの構造を説明するための図である。図13(a)に示すように、第2レール81bが同一平面上に設置されている場合には、第2レール81bの開始端部(走行装置80が実線で表された位置)と終端部(走行装置80が仮想線で表された位置82)とが周方向について異なる位置となり、ベローズ10に対してベローズ用探触子68がアクセスできない部位が生ずる。これに対し、図13(b)に示すように、第2レール81bが螺旋状に設置されている場合には、第2レール81bの開始端部と終端部とを軸方向には異なるが周方向については同一位置に配置することができ、走行装置80に支持されたベローズ用探触子68がアクセスできない部位をなくすることができる。なお、第2レール81bを螺旋状に設置しない場合でも、走行装置80にベローズ用探触子68を左右方向に移動させる機構を設けることによりベローズ用探触子68がアクセスできない部位をなくすることができる。

【0107】次に、このような構成からなる本発明の第4の実施の形態の作用について説明する。

【0108】図10および図12に示すように、中間熱交換器容器1から純化装置12(図14参照)が引き抜かれた後、ベローズ検査装置60用のキャスク90が設置される。その後、キャスク90により中間熱交換器容器1内のナトリウムが空気雰囲気と接触しないよう保たれながらスタンドパイプ9を介して第1レール81aに沿って走行装置80が移動する。

【0109】そして、走行装置80が第1レール81aから第2レール81bに移行した後、ベローズ用探触子68をベローズ10の外面に存在する複数の段部のうちの所定段部(例えば最下段の段部)に位置決めする。

【0110】その後、第2レール81bに沿って開始端部から終端部に向けてベローズ10の周方向に走行装置80を移動させ、ベローズ10の外周面にわたってベローズ10の所定段部の欠陥および減肉を検査する。このようにしてベローズ10の一つの段部の検査が終了し

た後、ベローズ用探触子68を走行装置80に設けられた軸方向移動装置によりベローズ10の軸方向(例えば上方)に移動させ、同様にしてベローズ10の次の段部の欠陥および減肉を検査する。そして、このような伸縮および移動を順次繰り返すことにより、ベローズ10の全ての段部の欠陥および減肉を検査することができる。なお、ベローズ10の所定段部の欠陥および減肉を検査する方法としては上述した第2の実施の形態と同様の方法を用いることができる。

10 【0111】このように本発明の第4の実施の形態によれば、走行装置80に支持されたベローズ用探触子68を中間熱交換器容器1の外側からベローズ10の近傍まで延びる第1レール81aに沿って移動させた後、走行装置80をベローズ10のまわりに延びる第2レール81bに移行させてベローズ10の周方向にベローズ用探触子68を移動させるので、中間熱交換器2が中間熱交換器容器1内に据え付けられた状態で中間熱交換器2のベローズ10の欠陥または減肉を精度良く検査することができる。

20 【0112】また本発明の第4の実施の形態によれば、第2レール81bがベローズ10のまわりに螺旋状に延びるようにすることにより、第2レール81bの開始端部と終端部とを軸方向には異なるが周方向については同一位置に配置することができ、このため走行装置80に支持されたベローズ用探触子68がアクセスできない部位をなくすることができる。また、走行装置80に取り付けられた軸方向移動装置によりベローズ用探触子68をベローズ10の軸方向に移動させることにより、第2レール81bをベローズ10のまわりに1周分設けるだけでベローズ10の外周全体について欠陥または減肉を検査することができる。

30 【0113】さらに本発明の第4の実施の形態によれば、上述した第2の実施の形態と同様に、ベローズ用探触子68からの信号を外部に伝送するケーブルの物量を抑えてベローズ検査装置60の移動機構部への負担を小さくすることができ、またケーブル等での信号伝送時に生じる信号減衰を抑制してインピーダンス特性を改善することができ、さらに超音波の透過効率を改善して前面板133による信号減衰およびパルス幅等の音響特性の劣化を抑制することができる。

40 【0114】さらにまた本発明の第4の実施の形態によれば、上述した第2の実施の形態と同様に、検査対象となる中間熱交換器2のベローズ10へのベローズ検査装置60のアクセスを容易に行うことができる。

【0115】なお上述した第4の実施の形態においては、第1レール81aおよび第2レール81bを隔壁8により支持しているが、第1レール81aおよび第2レール81bを中間熱交換器容器1または中間熱交換器2により支持するようにしてもよい。

50 【0116】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、中間熱交換器の引き抜きや、中間熱交換器内のナトリウムのドレーン等を行うことなく、中間熱交換器が中間熱交換器容器内に据え付けられた状態で中間熱交換器の伝熱管およびベローズの欠陥または減肉を精度良く検査することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による中間熱交換器の検査装置およびその方法の第1の実施の形態を説明するための概略断面図。

【図2】図1に示す中間熱交換器の検査装置の詳細を示す斜視図。

【図3】図2に示す送り機構の詳細を示す断面図。

【図4】図2に示す移動装置の脚部の詳細を示す断面図。

【図5】図2に示す伝熱管用探触子の詳細を示す図。

【図6】図2に示す伝熱管用探触子を説明するためのブロック図。

【図7】本発明による中間熱交換器の検査装置およびその方法の第2の実施の形態を説明するための概略断面図。

【図8】図7に示す中間熱交換器の検査装置のチェーンの構造を説明するための図。

【図9】図7に示す中間熱交換器の検査装置のベローズ用探触子の詳細を示す図。

【図10】図7に示す中間熱交換器の検査装置の挿入方法の一例を説明するための図。

【図11】本発明による中間熱交換器の検査装置およびその方法の第3の実施の形態を説明するための概略断面図。

【図12】本発明による中間熱交換器の検査装置およびその方法の第4の実施の形態を説明するための概略断面図。

【図13】図12に示す中間熱交換器の検査装置のレールの構造を説明するための図。

【図14】ループ型高速炉の中間熱交換器容器を示す概略断面図。

【符号の説明】

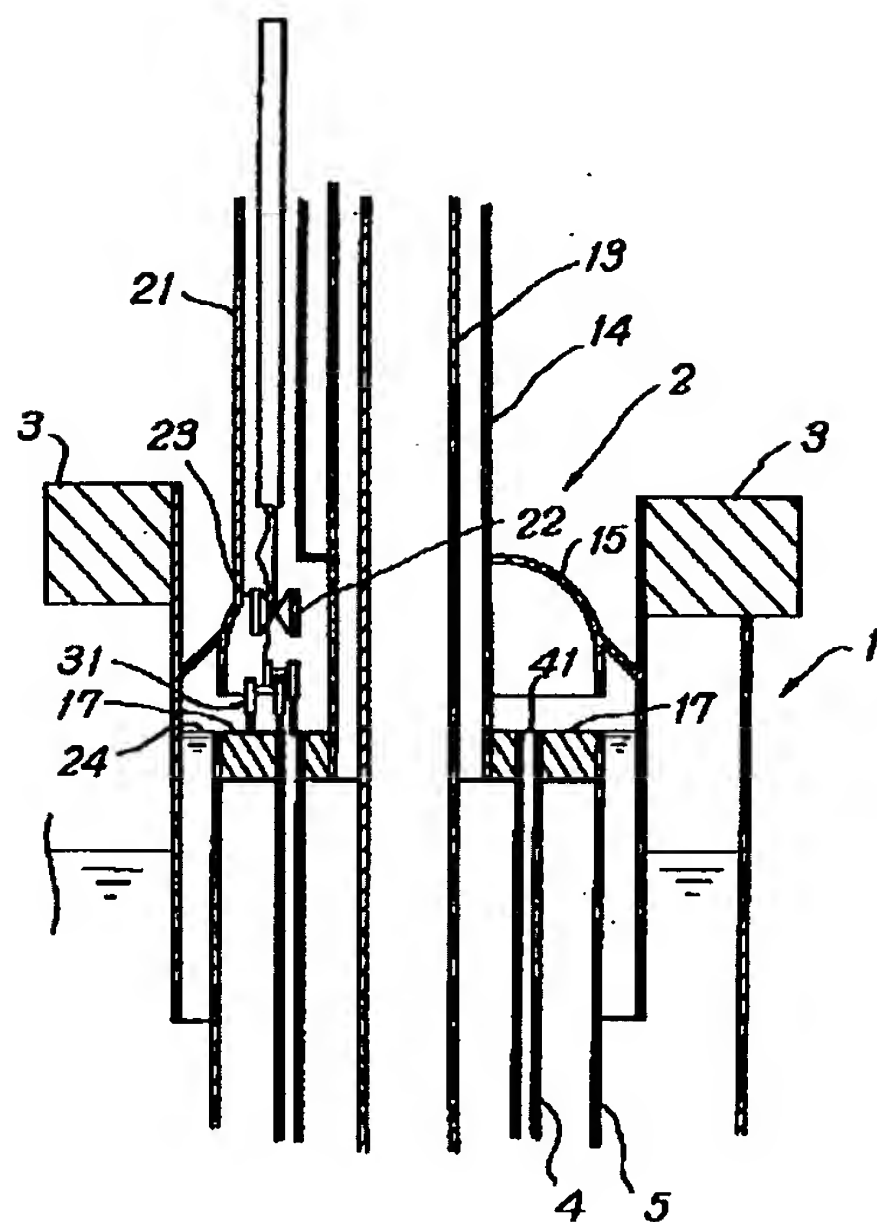
- 1 中間熱交換器容器
- 2 中間熱交換器
- 3 デッキ
- 4 伝熱管
- 5 本体胴
- 6 高温プレナム
- 7 低温プレナム
- 8 隔壁
- 9 スタンドパイプ
- 10 ベローズ
- 11 ホットレグ配管（逆U字配管）
- 12 純化装置

- 13 二次入口配管
- 14 二次出口配管
- 15 上部鏡
- 16 内筒
- 17 管板
- 21 挿入孔
- 22 カメラ
- 23 照明装置
- 24 ナトリウム液面
- 31 伝熱管検査装置
- 32 伝熱管用探触子
- 33 挿入管
- 34 送り機構
- 35 ケーブル（電線）
- 36 伸縮ロッド
- 37 移動装置
- 38a, 38b 移動部
- 39a, 39a 直動軸
- 39b, 39c 回転軸
- 40 グリッパ
- 41 開口部
- 42 ギア
- 43 送り機構駆動モータ
- 44 圧力出入口
- 45 シリンダ
- 46 ピストン
- 47 ベローズ
- 48 ばね
- 49 グリッパ用アクチュエータ
- 50 伸縮ロッド用アクチュエータ
- 60 ベローズ検査装置
- 61 台車
- 61a 車輪
- 61b ケーブル（電線）
- 62 探触子用支持棒
- 63 位置決め用腕部
- 63a 位置決め用支持棒
- 63b, 63b 当接棒
- 64 ナトリウム中カメラ
- 65 検査装置挿入ガイド
- 66 チェーン板
- 66a 切欠部
- 66b 突起部
- 67 ピン
- 68 ベローズ用探触子
- 69 チェーン
- 70 ガイド
- 71 ガイド用腕部
- 72 位置センサ
- 73 反射板

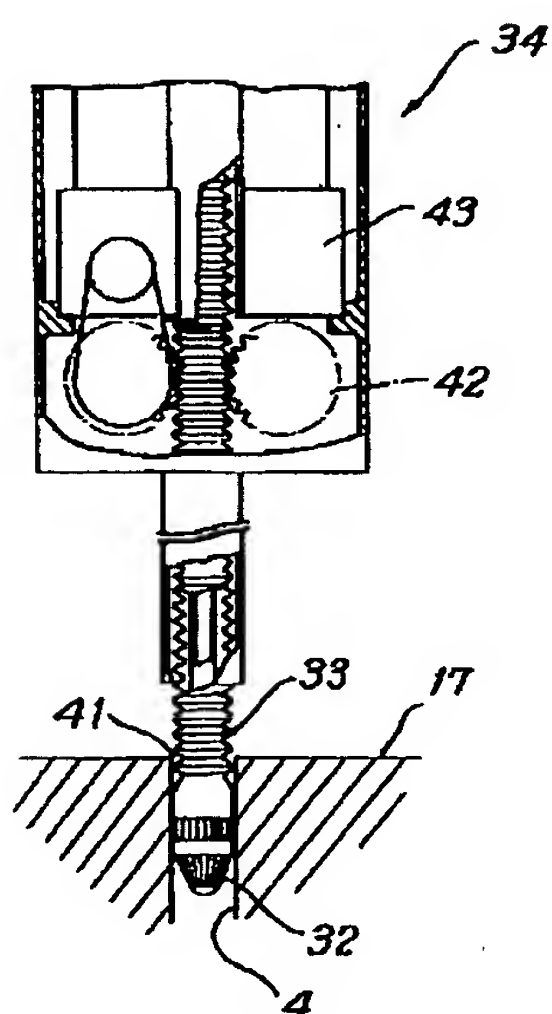
29

- 80 走行装置
 81a 第1レール
 81b 第2レール
 82 走行装置の終端位置
 90 キャスク
 101 ナトリウム
 102, 132 超音波
 103, 133 前面板(金属薄膜)

【図1】



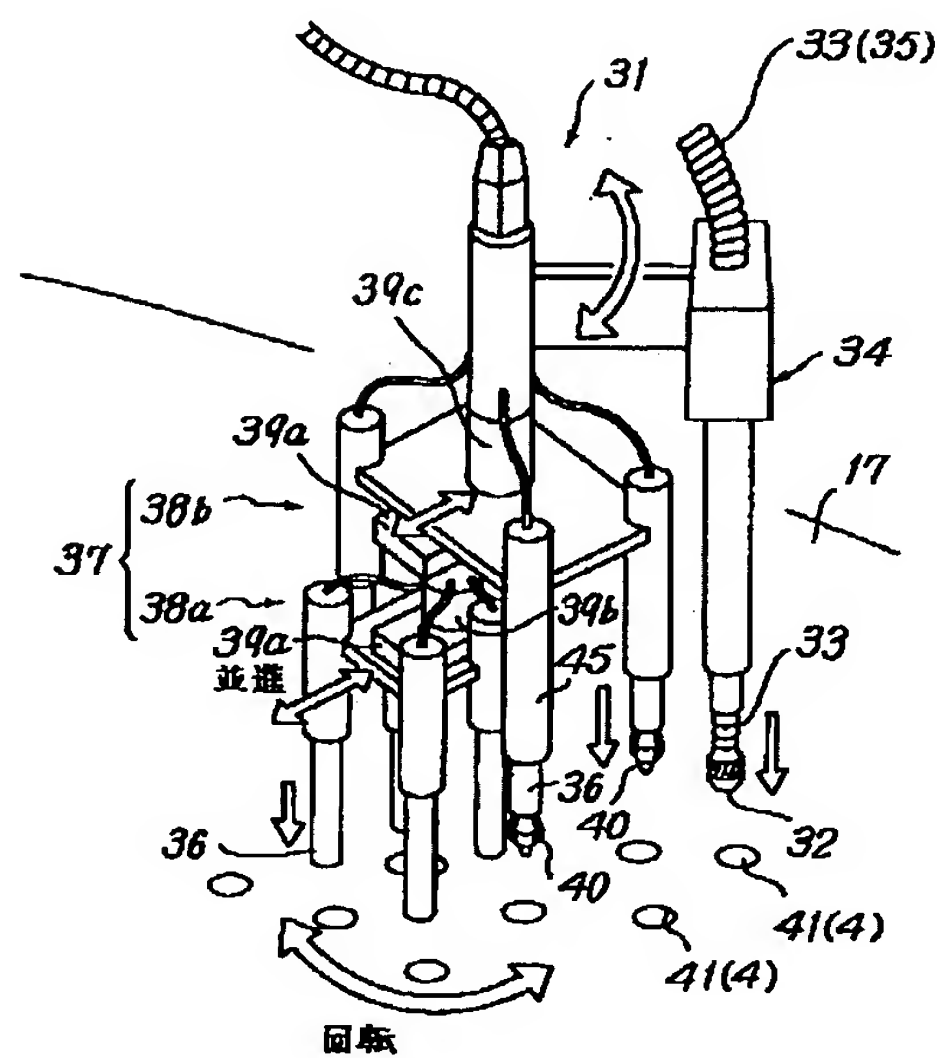
【図3】



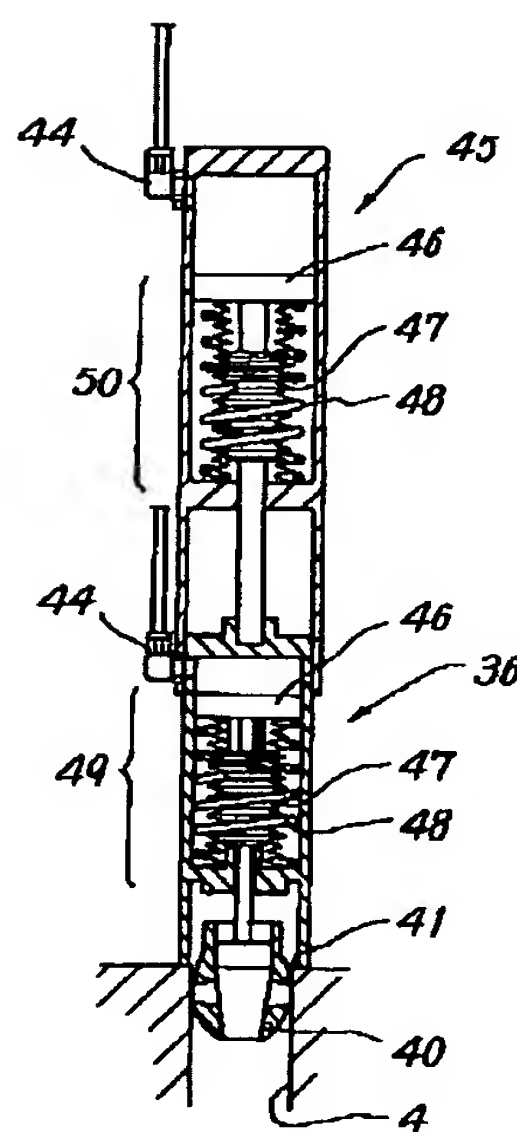
30

- 104, 134 圧電振動子
 105, 135 信号切替器
 106, 136 信号増幅器(送受信器)
 107 探傷検査用探触子
 108 減肉検査用探触子
 109 探触子切替器
 110, 140 欠陥

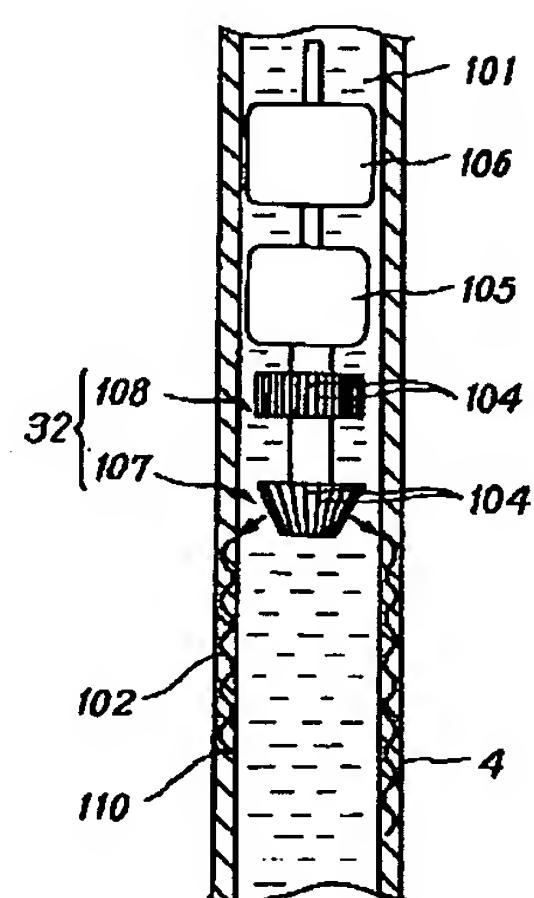
【図2】



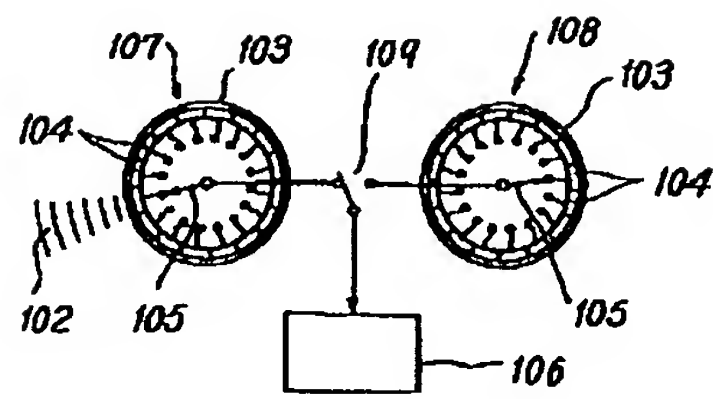
【図4】



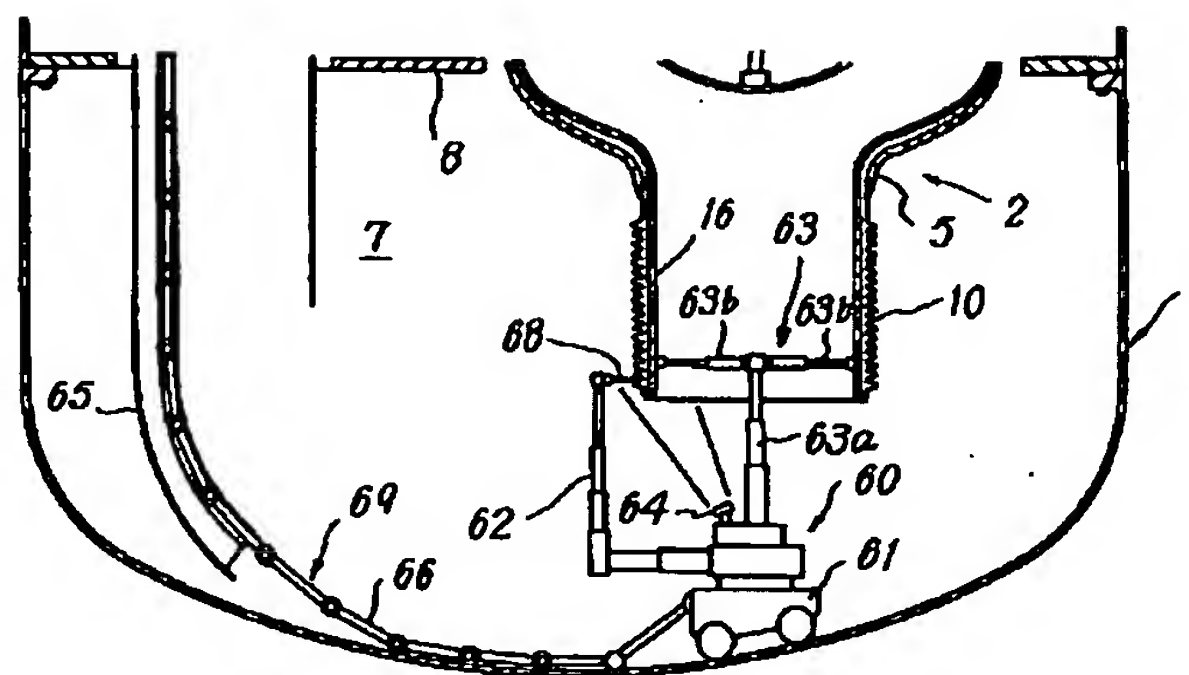
【図5】



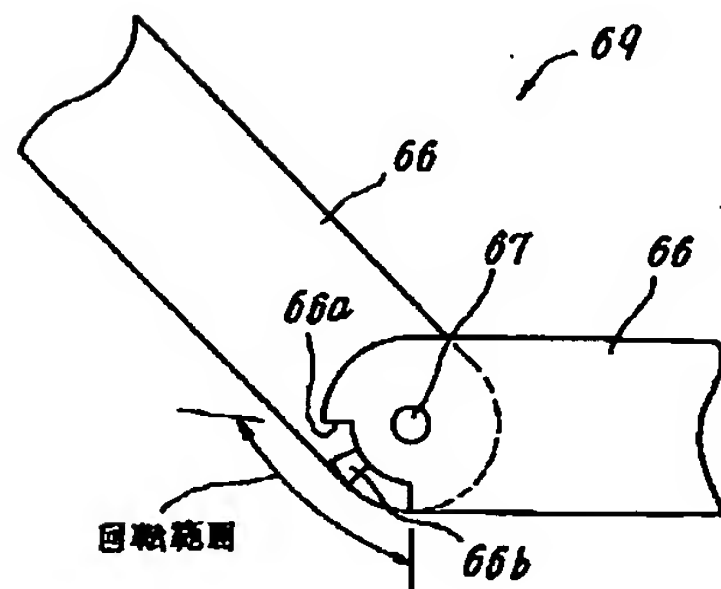
【図6】



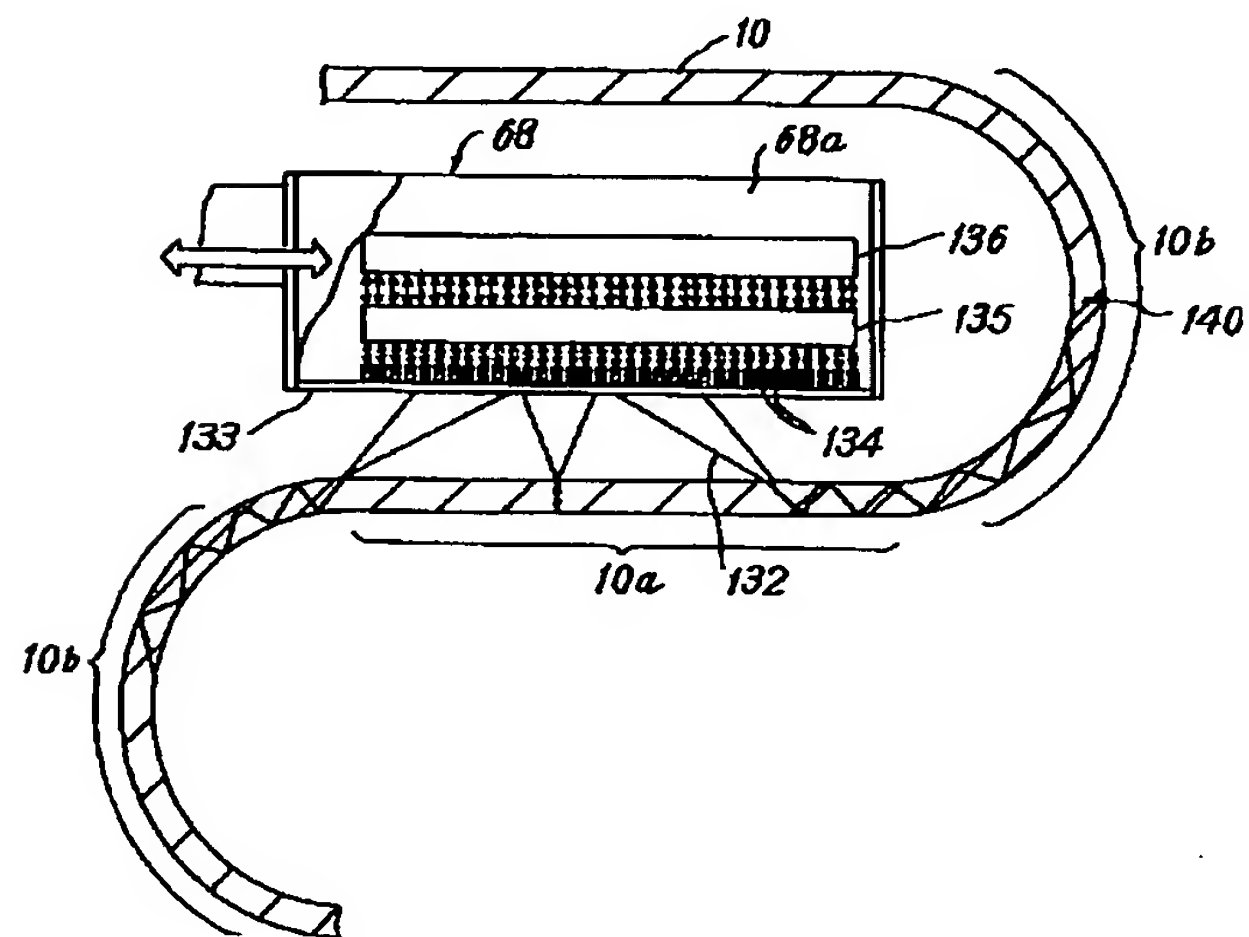
【図7】



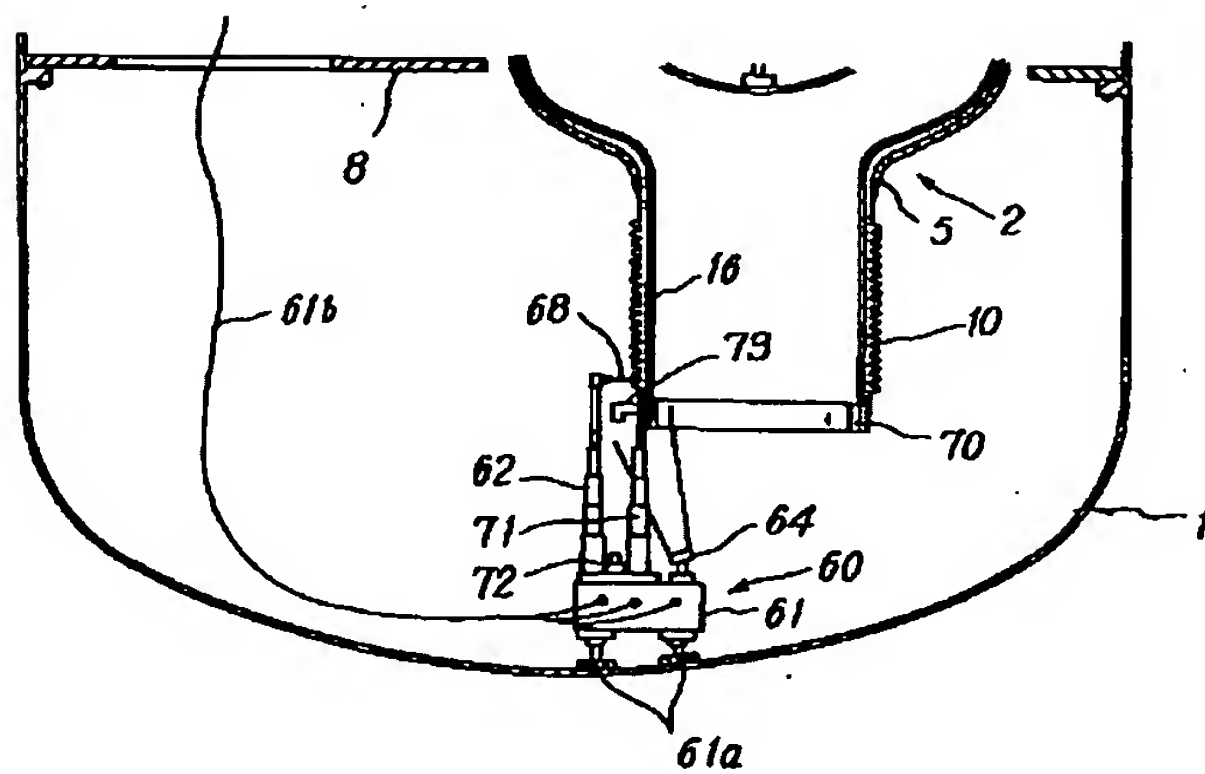
【図8】



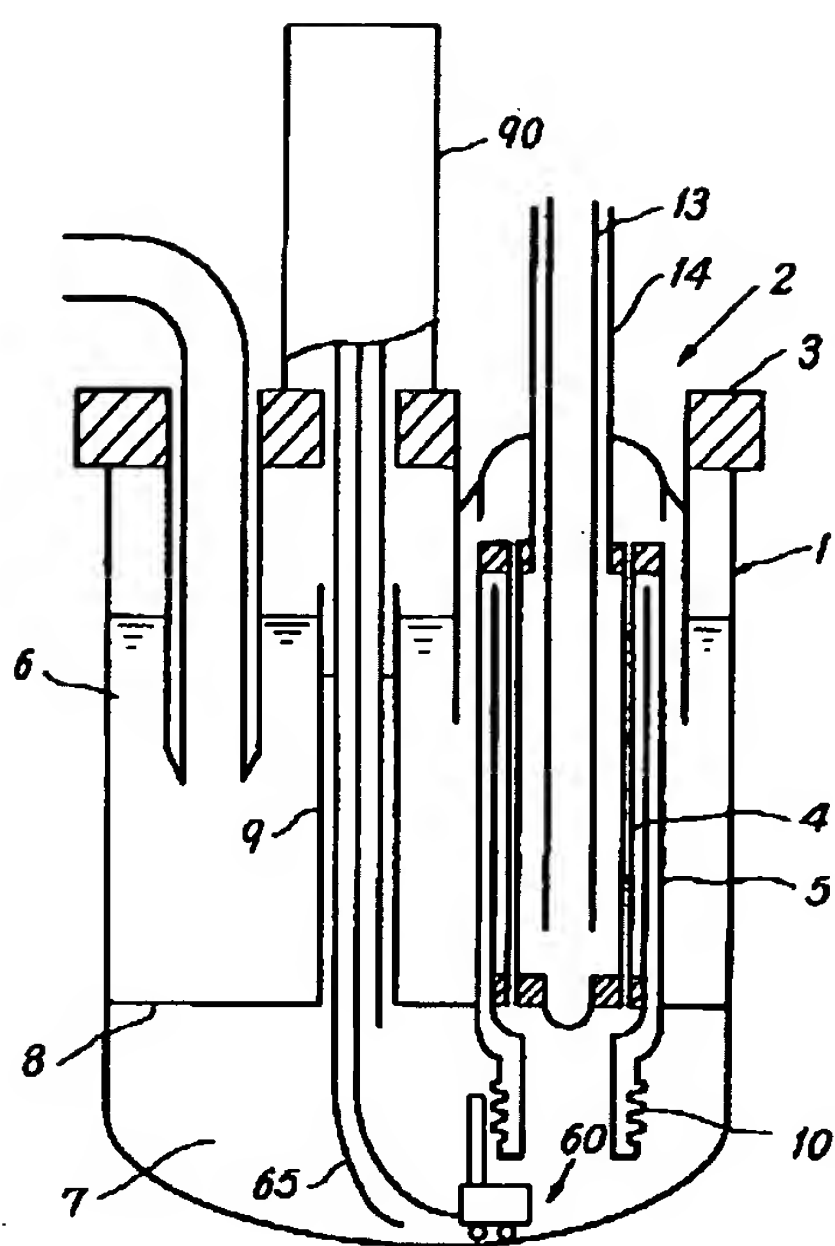
【図9】



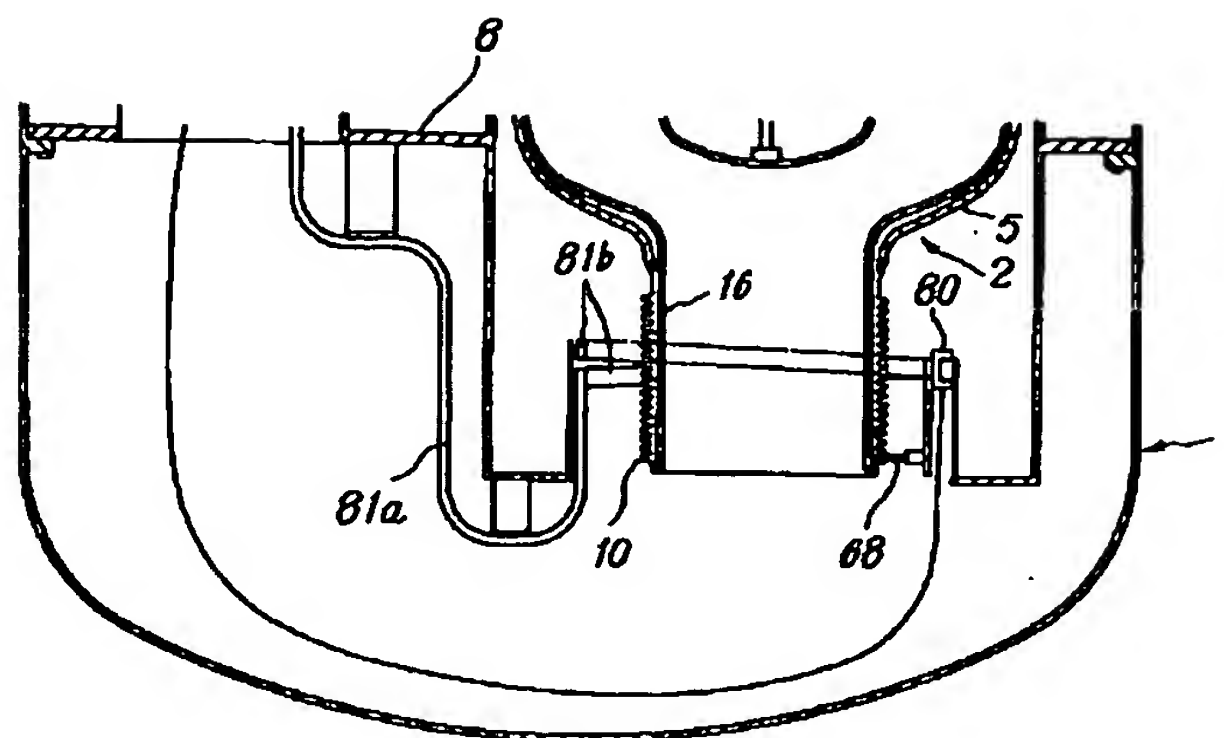
【図11】



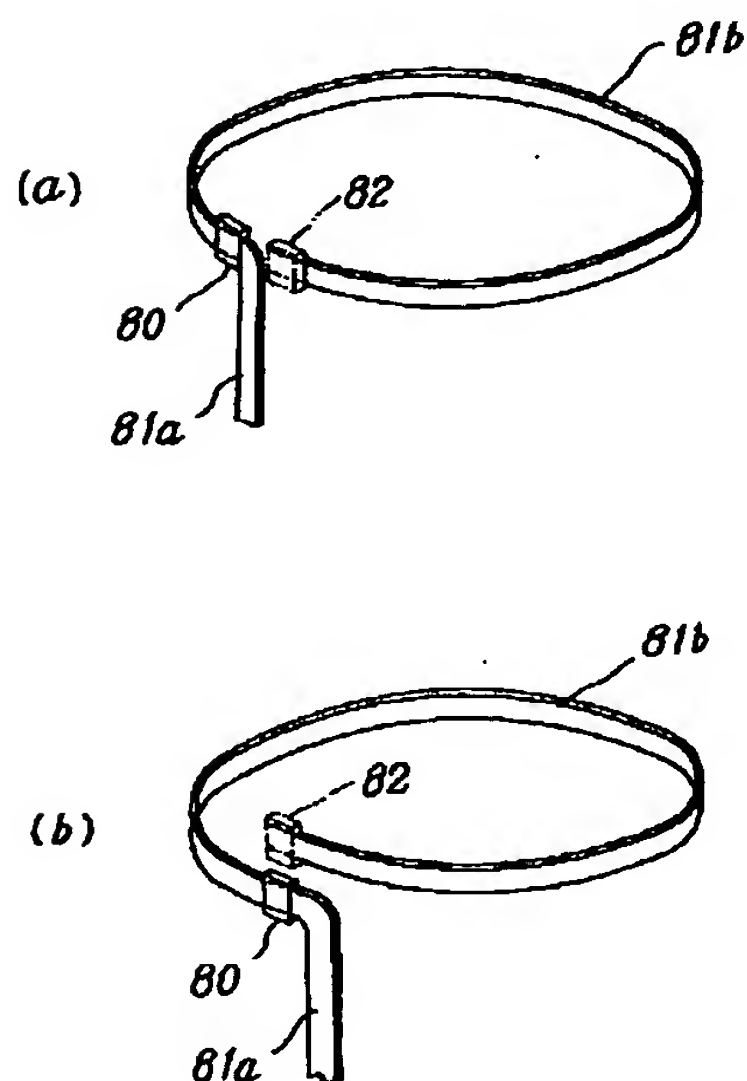
【図10】



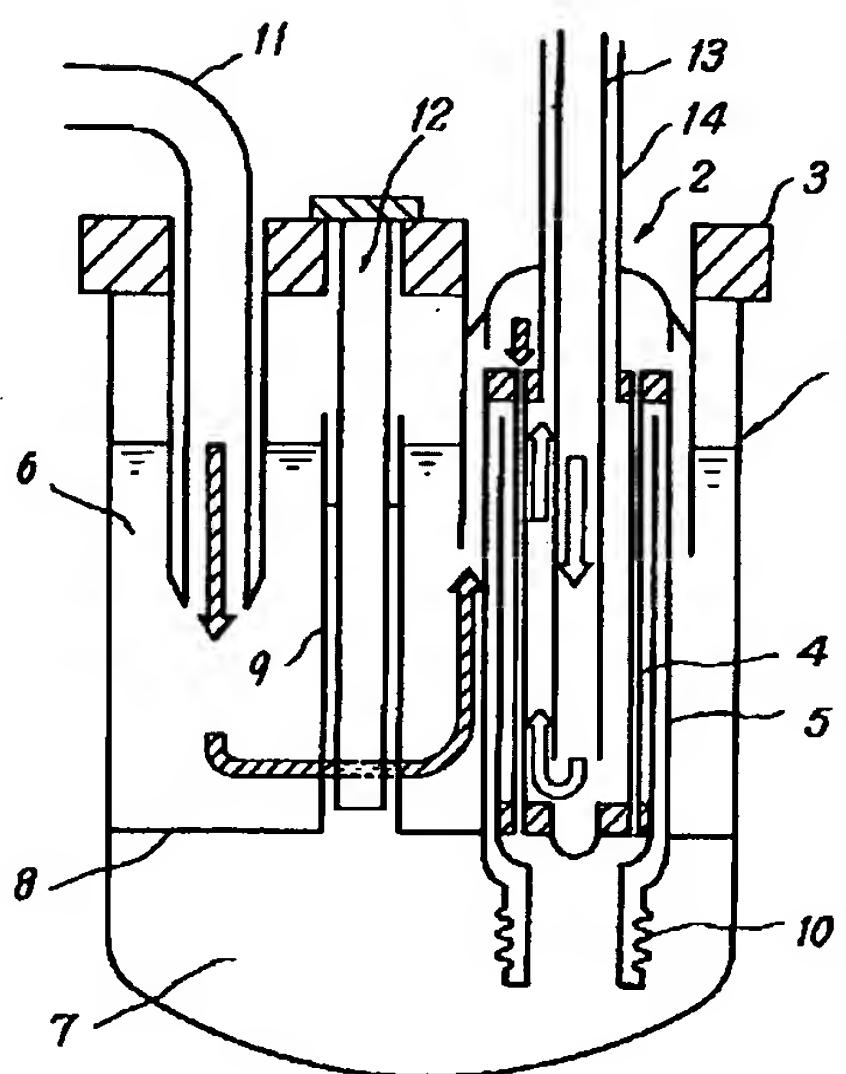
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
G21C 17/003

識別記号
GDF

FI
G21C 17/00

F
GDFG

(72)発明者 佐藤勝彦
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.